

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سپاسگزاری

این بررسی‌ها با حمایت‌ها و مساعدت‌های بی‌دریغ جناب آقای مهندس ناصر عابدیان معاونت محترم اکتشاف سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور به‌انجام رسیده که بدینوسیله از ایشان صمیمانه سپاسگزاری می‌نماید. از جناب آقای مهندس بهروز برنا مدیریت محترم اکتشاف سازمان که در به سامان رسیدن این گزارش نقش ارزنده‌ای ایفا نمودند نیز صمیمانه سپاسگزاری می‌نماید. جناب آقای مهندس روزبه سرمدکارگر با راهنمایی‌های ارزنده‌شان کمک‌های شایانی در راستای اجرای پروژه نمودند، لذا از ایشان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماید. از جناب آقای مهندس سید احمد مشکانی که راهنمایی‌های ایشان در طی مراحل گوناگون این پروژه راه‌گشا بود صمیمانه سپاسگزاری می‌نماید. جناب آقای مهندس شهرام گلیایی نظارت و راهنمایی این پروژه را بر عهده داشته‌اند و کمک‌ها و راهنمایی‌های ایشان گره‌گشا بوده است، لذا از این سرور گرامی صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری می‌نماید.

آنالیز شیمیایی نمونه‌های این پروژه توسط شرکت زرآزما و شرکت توسعه علوم زمین انجام پذیرفت که بدینوسیله از آزمایشگاه‌های مربوطه سپاسگزاری می‌نماید.

از آزمایشگاه سنگ‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور جهت مطالعه نمونه‌های سنگ‌شناسی قدردانی می‌شود.

در خاتمه از کلیه عزیزان و سرورانی که به‌نحوی در به سامان رسیدن این پروژه همکاری داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماید.

## فهرست

صفحه	عنوان
۱	..... مقدمه
۱	..... ۱- جغرافیا و راههای دسترسی
۳	..... ۲- زمین‌ریخت‌شناسی
۳	..... ۳- کارهای انجام شده پیشین
۴	..... ۴- زمین‌شناسی
۵	..... ۴-۱- نهشته‌های دگرگونه ژوراسیک
۶	..... ۴-۲- مجموعه ترشیری
۱۱	..... ۴-۳- توده‌های نیم‌ژرف
۱۶	..... ۴-۴- نهشته‌های کواترنری
۱۶	..... ۴-۵- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک
۱۷	..... ۵- عملیات اکتشافی
۱۷	..... ۵-۱- مقدمه
۱۸	..... ۵-۲- خلاصه نتایج مطالعات ژئوشیمی در برگه ۱:۵۰۰۰۰۰ آوج
۲۴	..... ۵-۳- نتایج مطالعات اکتشافی در محدوده آوج با استفاده از روش نمونه‌برداری کانی‌سنگین
۲۴	..... ۵-۳-۱- مقدمه
۲۶	..... ۵-۳-۲- ردیابی کانی‌سنگین
۲۷	..... ۵-۳-۳- بزرگی هاله‌های کانی‌سنگین
۲۸	..... ۵-۳-۴- برداشت نمونه‌های کانی‌سنگین
۲۸	..... ۵-۳-۵- آماده‌سازی و مطالعه نمونه‌های کانی‌سنگین

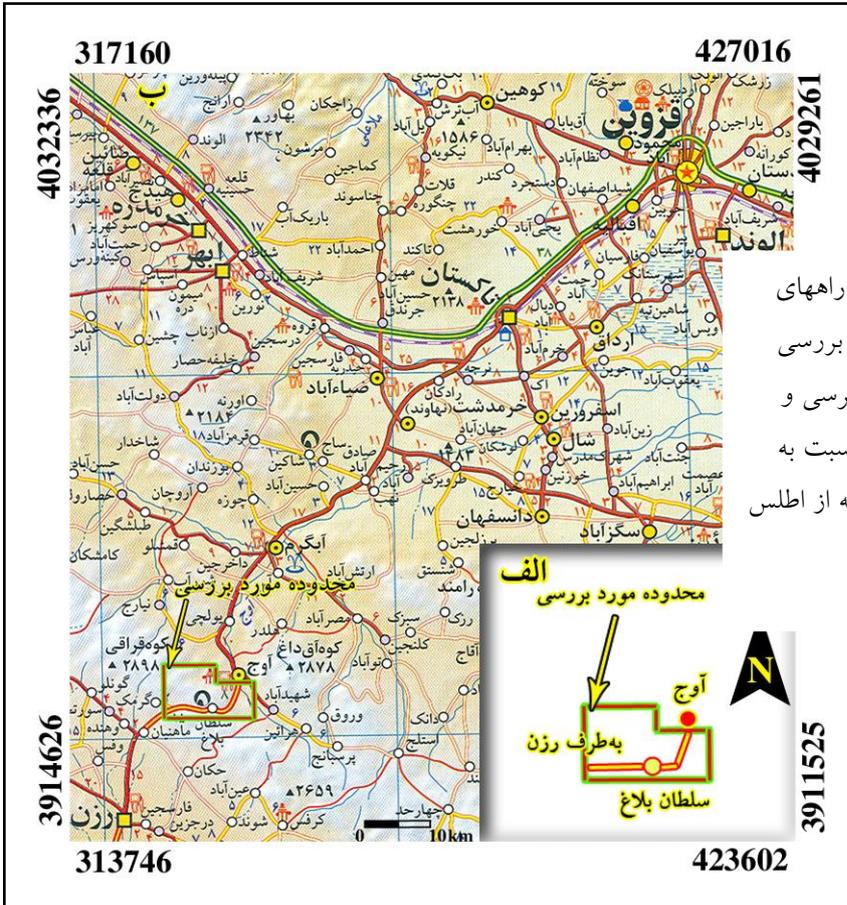
۳۱	..... ۵-۳-۶- مطالعه نمونه‌های کانی سنگین
۳۳	..... ۵-۳-۷- شرح نمونه‌های کانی سنگین برداشت شده در محدوده اکتشافی آوج
۴۷	..... ۵-۴- ترسیم هیستوگرام کانی‌های سنگین مشاهده شده در مطالعه نمونه‌ها
۴۹	..... ۵-۵- تعبیر و تفسیر؛ و نتیجه مطالعات کانی سنگین و هیستوگرام آنها
۵۱	..... ۶- بررسی‌های زمین‌شناسی اقتصادی در منطقه مورد مطالعه
۵۲	..... ۶-۱- محدوده بالادست نمونه کانی سنگین 87.A.1
۵۴	..... ۶-۲- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.2
۵۶	..... ۶-۳- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.5
۵۷	..... ۶-۴- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.7
۵۸	..... ۶-۵- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.8
۵۹	..... ۶-۶- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.10
۶۰	..... ۶-۷- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.13
۶۱	..... ۶-۸- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.17
۶۳	..... ۶-۹- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.20
۶۳	..... ۶-۱۰- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.23
۶۳	..... ۶-۱۱- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.24
۶۴	..... ۶-۱۲- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.28
۶۶	..... ۶-۱۲- محدوده بالا دست نمونه‌های کانی سنگین 87.A.11 و 87.A.12
۶۷	..... ۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۷۴	..... منابع
۷۶	..... پیوست‌ها

## مقدمه:

در اجرای قرارداد شماره ۲۲۴۱-۳۰۰ مورخ ۸۶/۴/۱۲ میان سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و شرکت مهندسی مشاور پیچاب کانسار مبنی بر تهیه نقشه زمین‌شناسی اقتصادی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در محدوده آوج، محدوده‌ای به گسترش ۳۰۰ کیلومتر مربع که از طرف سازمان صنایع و معادن استان قزوین بلامعارض تعیین شده، از طرف کارفرما به مشاور معرفی و شرکت مشاور پس از جمع‌آوری داده‌های زمین‌شناسی، ماهواره‌ای، ژئوشیمیایی و زمین‌شناسی اقتصادی و پردازش داده‌ها ۲ محدوده مناسب برای انجام عملیات اکتشافی به گسترش ۴۰ کیلومتر مربع را در محدوده مذکور انتخاب و مورد بررسی‌های زمین‌شناسی و اکتشافی قرار داد که متأسفانه در بررسی‌های صحرایی هیچگونه آثاری از کانی‌سازی مشاهده نگردید، لذا با موافقت کارفرما از میان دو محدوده انتخاب شده فوق، محدوده جنوب آوج که در مطالعات ژئوشیمیایی قبلی به‌عنوان محدوده امیدبخش طلا معرفی شده بود با کمی گسترش به طرف باختر جمعاً به گسترش ۵۶ کیلومتر مربع به کارفرمای محترم معرفی و با موافقت کارفرما قرار شد که در این محدوده ضمن تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰، تعداد ۴۰ نمونه نیز برای مطالعات کانی‌سنگین برداشت گردد، لذا ضمن تهیه نقشه زمین‌شناسی اقتصادی محدوده مذکور، تعداد ۱۰ نمونه برای پتروگرافی، ۴۰ نمونه برای مطالعات کانی‌سنگین و تعداد ۲۲ نمونه از رخنمون‌های سنگی برای انجام آزمایش‌های شیمیایی برداشت و مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به‌صورت گزارش زیر ارائه می‌گردد:

## ۱- جغرافیا و راههای دسترسی

محدوده مورد مطالعه در منتهی‌الیه جنوب باختری استان قزوین و در حدود ۱۲۵ کیلومتری جنوب شهرستان قزوین قرار دارد. دسترسی به محدوده از طریق جاده آسفالت‌ه قزوین - همدان امکان‌پذیر است که پس از طی مسافت ۱۲۵ کیلومتر به شهر آوج می‌رسد. محدوده مورد بررسی در جنوب شهرستان آوج واقع شده است. در اطراف شهرستان آوج نیز وجود راههای متعدد آسفالت‌ه و خاکی، دسترسی به محدوده را ممکن می‌سازد (تصویر شماره ۱).



تصویر شماره ۱: الف) کروکی راههای دسترسی موقعیت محدوده مورد بررسی (بدون مقیاس) ب) راههای دسترسی و موقعیت محدوده مورد بررسی نسبت به شهرها و روستاهای اطراف (برگرفته از اطلس راههای ایران ۱۳۸۶)

این محدوده دارای آب و هوای معتدل کوهستانی بوده و میزان بارندگی سالیانه در حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. بیشینه دما در تابستان ۳۵+ درجه سانتی‌گراد و کمینه دما در زمستان به ۲۰- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. با توجه به میزان نسبتاً زیاد بارندگی، تعداد آبراهه‌هایی که در طول سال دارای آب می‌باشند، نسبتاً زیاد بوده و رودهای دائمی زیادی را تشکیل می‌دهند. مرتفع‌ترین نقطه محدوده را کوه آت اولن با ۲۶۴۷ متر ارتفاع از سطح دریاهای آزاد تشکیل می‌دهد و پست‌ترین نقطه محدوده مربوط به حاشیه رودخانه آوج با ارتفاع ۱۹۳۵ متر از سطح دریاهای آزاد است.

## ۲- زمین‌ریخت شناسی

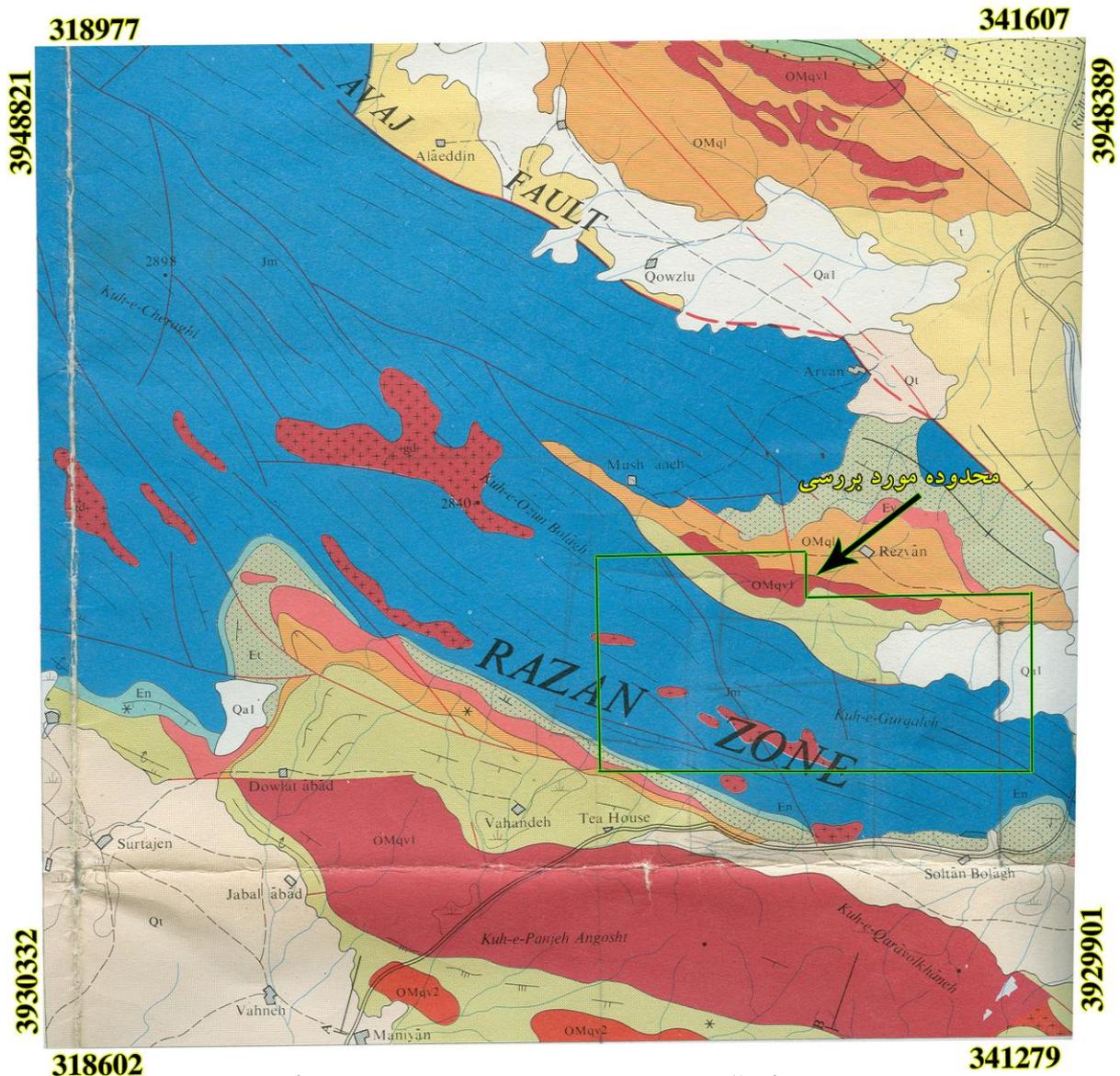
محدوده مورد بررسی از نظر ریختاری به سه بخش مناطق پست دشت آبرفتی در شمال - شمال خاوری، مناطق با تپه‌های کم ارتفاع تا متوسط با سطوح فرسایشی صاف در مرکز و مناطق مرتفع با سطوح فرسایشی نسبتاً خشن در جنوب قابل تقسیم است، مناطق پست دشت از مخروط افکنه‌ها و پادگانه‌های رودخانه‌ای، مناطق تپه‌ای مرکزی از نهشته‌های شیلی ژوراسیک و توده‌های نیم‌ژرف قطع کننده آنها و مناطق مرتفع جنوبی از مجموعه آتشفشانی - آواری ائوسن و الیگومیوسن تشکیل شده است.

## ۳- کارهای انجام شده پیشین

محدوده مورد بررسی توسط بلورچی و حاجیان تحت عنوان تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ چهارگوش کبودرآهنگ مورد بررسی زمین‌شناسی قرار گرفت. در سال ۱۳۵۶ بلورچی در قالب تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ ورقه آوج، منطقه را مورد بررسی‌های زمین‌شناسی دقیق‌تر قرار داد. عشق‌آبادی در سال ۱۳۷۲ در یک سری مطالعات پی‌جویی اکتشافی در دو منطقه آبگرم و آوج مبادرت به مطالعه و بررسی معدنی منطقه زیر عنوان «پروژه پیجویی ذخایر متامورفیک‌های ایران؛ گزارش مطالعات پیجویی در ورقه ۱:۱۰۰,۰۰۰ آوج» نمود. در سال ۱۳۸۱ بررسی‌های اکتشافی در بخش‌هایی از منطقه در قالب پروژه "اکتشاف و پتانسیل یابی مواد معدنی در جنوب باختر استان قزوین - منطقه آوج" شرکت مهندسی مشاور خاک خوب انجام شده است. در سال ۱۳۸۵ شرکت مهندسی مشاور کاوش کانسار نیز پروژه "پتانسیل یابی مواد معدنی در قالب اکتشاف معادن شهرستان بویین زهرا" در محدوده آوج انجام و محدوده‌ای به گسترش ۳۰۰۰ کیلومتر مربع را مورد بررسی‌های اکتشافی و ژئوشیمیایی قرار داد.

#### ۴- زمین‌شناسی

محدوده آوج در باختر ایران و در محل تلاقی دو زون ایران مرکزی و سندج - سیرجان قرار گرفته و با توجه به گزارش بلورچی در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ آوج، محدوده برگه به دو زون آبگرم و رزن تقسیم می‌گردد، محدوده مورد مطالعه بخشی از زون رزن محسوب می‌گردد (تصویر شماره ۲).



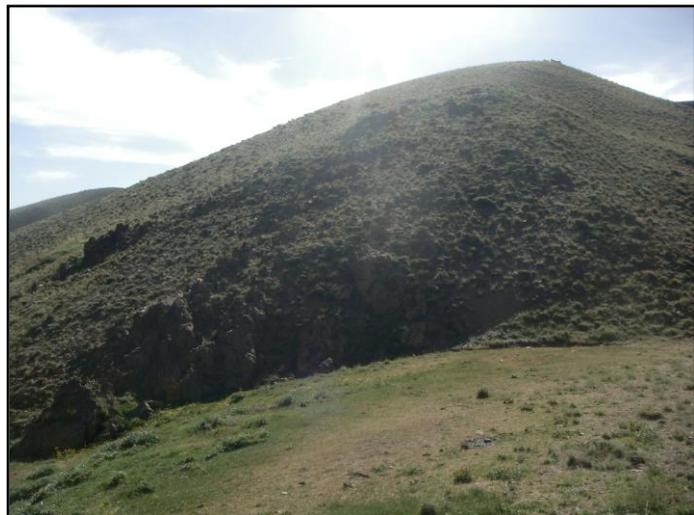
تصویر شماره ۲: موقعیت محدوده مورد بررسی در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آوج (توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور)

زون رزن در بخش جنوب باختری برگه آوج واقع شده است، این زون در حقیقت پوشش آواری - کربناته مزوزوییک واقع بر روی سنگ‌های دگرگونه زون سنندج - سیرجان را دربر می‌گیرد. واحدهای سنگ‌چینه‌ای موجود در محدوده از قدیم به جدید، به شرح زیر است:

#### ۴-۱- نهشته‌های دگرگونه ژوراسیک (J<sup>sl</sup>):

این نهشته‌ها شامل ترادف ضخیمی از شیل‌های نازک لایه، سیلتستون و ماسه‌سنگ با دگرگونی اندک (در حد اسلیت و فیلیت) بوده که بیشترین رخنمون‌های سنگی موجود در منطقه به‌ویژه بخش‌های میانی و باختری محدوده را دربر می‌گیرد. این نهشته‌ها که رخساره کم و بیش دگرگونه تریاس بالا - ژوراسیک زیرین معادل سازند شمشک در البرز می‌باشد، توسط توده‌های کوچک و پراکنده دیوریتی متعددی قطع شده و در اطراف این توده‌ها دگرگونی در آن شدت بیشتری یافته است.

تصویر شماره ۳: نمایی از شیل‌های  
دگرگونه ژوراسیک  
(دور نما، دید به سمت باختر)



تصویر شماره ۴: نمایی نزدیک از شیل‌های  
دگرگونه ژوراسیک

#### ۴-۲- مجموعه ترشیری

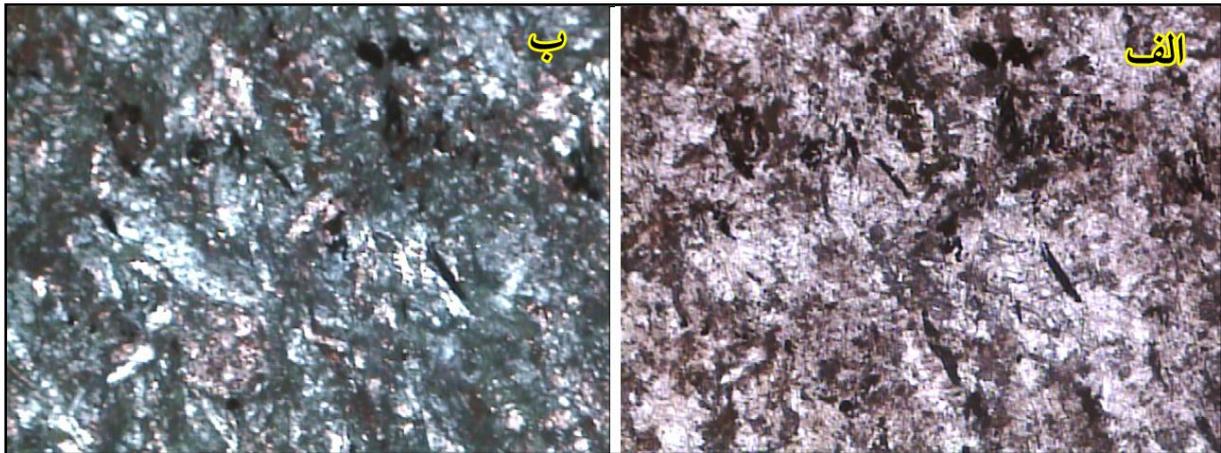
واحدهای ترشیری شامل یک‌سری سنگ‌های آواری - آتشفشانی با بین لایه‌های آهکی است که به‌طور ناهم‌ساز بر روی نهشته‌های اسلیتی و فیلیتی ژوراسیک قرار گرفته است. رخنمون‌های سنگی مجموعه ترشیری در محدوده مورد بررسی از قدیم به جدید به‌صورت زیر است:

واحد  $E_1^l$ : در بخش جنوب باختری محدوده واحدهای توفی ائوسن با یک قاعده آهک نومولیت‌دار به‌طور ناهم‌ساز بر روی نهشته‌های ژوراسیک دیده می‌شود. این واحد سنگ آهک که دارای فسیل‌های فراوان و ریز نومولیت و دوکفه‌ایست دارای رنگ کرم تا مایل به زرد و متوسط تا ضخیم‌لایه است و احتمالاً معادل سنگ آهک سازند زیارت با زمان ائوسن زیرین می‌باشد.

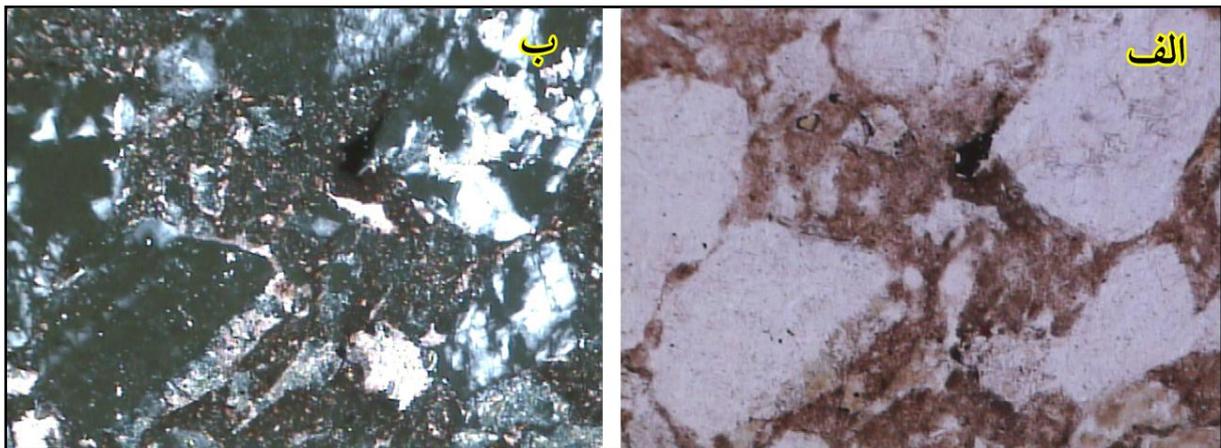
واحد  $E^t$ : بر روی واحد  $E_1^l$  تراصف ضخیمی از توف، شیل توفی و توفیت نازک تا متوسط لایه سبز رنگ به‌طور هم‌شیب قرار می‌گیرد که بیشترین رخنمون‌های ترشیری بوده و عمدتاً در بخش‌های جنوبی و میانی محدوده رخنمون داشته و اغلب بدون حضور واحد  $E_1^l$  یا کنگلومرای قاعده‌ای ترشیر به‌طور ناهم‌ساز بر روی نهشته‌های ژوراسیک قرار گرفته است. این مجموعه توفی دارای بین لایه‌های سنگ‌های آتشفشانی نیز بوده و از نظر شباهت‌های سنگ - چینه‌ای معادل سازند کرج در البرز می‌باشد. دو نمونه به شماره‌های 87.A.5Pa و 87.A.25Pa از آن مورد مطالعات پتروگرافی قرار گرفت که بافت ویتروکلاستیک (شیشه‌ای - آواری) با قطعات کوچک کوارتز و فلدسپار در زمینه شیشه‌ای دوتریفه شده را نشان می‌دهد. نام سنگ توف شیشه‌ای با ترکیب داسیتی است.

واحد  $E^{fc}$ : در داخل بخش‌های فوقانی واحد توفی  $E^t$ ، یک واحد کنگلومرای پلی‌ژنتیک قرمز رنگ قرار می‌گیرد که قطعات آن عمدتاً توفی و آذرین است و دارای گردشگی و جورشدگی خوب است. این واحد کنگلومرای احتمالاً یک واحد کنگلومرای بین سازندی است.

واحد  $E^V$ : در داخل واحد  $E^t$  و بر روی واحد  $E^{tc}$  یک واحد سنگ آتشفشانی تراکی آندزیتی خاکستری رنگ با بافت پورفیری حاوی بلورهای سفید رنگ فلدسپار و تیره رنگ آمفیبول و پیروکسن قرار می‌گیرد که خود نیز دوباره توسط واحد توفی  $E^t$  پوشیده می‌شود.



تصویر شماره ۵: تصویر میکروسکوپی نمونه شماره 87.A.25Pa (الف) نور ساده (ب) نور پلاریزه (بزرگنمایی ۱۰X)



تصویر شماره ۶: تصویر میکروسکوپی نمونه شماره 87.A.5Pa (الف) نور ساده (ب) نور پلاریزه (بزرگنمایی ۱۰X)

واحد  $E^{sh}$ : در یال شمال خاوری تاقدیس برروی نهشته‌های واحد  $E^t$  یک‌سری شیل‌های سبز تا خاکستری نازک‌لایه به‌طور هم‌شیب قرار گرفته که احتمالاً هم ارز شیل‌های آسارا در البرز و یا بخشی از سازند کرج در منطقه سلطانیه است.

در بخش‌های زیرین این واحد شیلی دو رخنمون عدسی مانند سنگ آهک نومولیتی متوسط لایه خاکستری رنگ برروی واحد  $E^t$  رخنمون دارد که حدود ۳۰ تا ۵۰ متر ضخامت داشته و حاوی فسیل‌های نومولیت و آسلینا بوده و زمان ائوسن میانی را نشان می‌دهد.

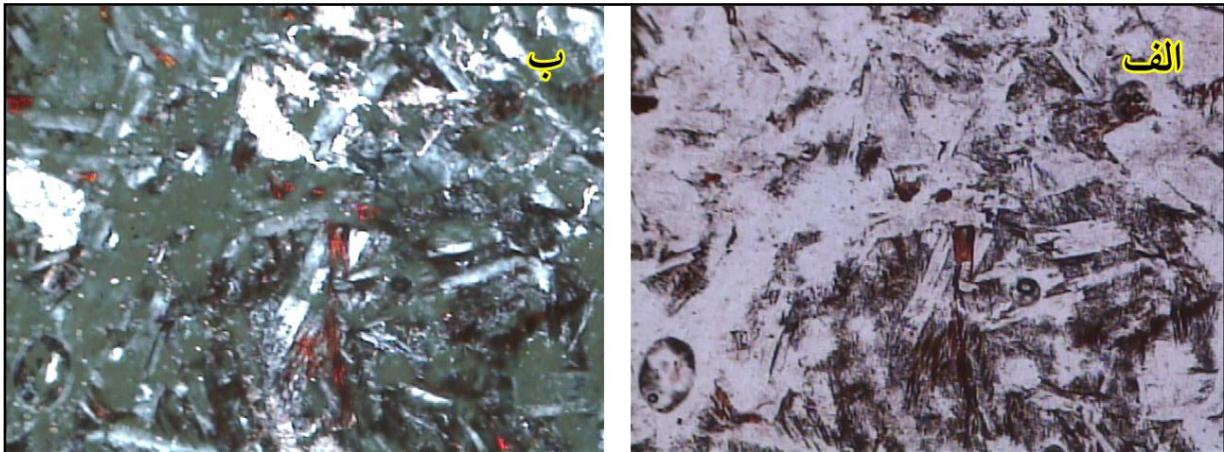
واحد  $OM^{ml}_q$ : این واحد در جنوب شهر آوج، در بخش شمال خاوری محدوده و در خواب محوری تاقدیسی با روند شمال باختر - جنوب خاوری دارای رخنمون می‌باشد و از مجموعه مارن و ماسه‌سنگ به‌رنگ کرم - خاکستری - سبز رنگ با سن، الیگو - میوسن (معادل بخش‌های B و C سازند قم) تشکیل شده است. این واحد در بخش جنوب باختری محدوده نیز به‌صورت نواری باریک در امتداد شمال باختر - جنوب خاوری به‌طور ناهم‌ساز نهشته‌های توفی  $E^t$  را می‌پوشاند و خود به‌طور هم‌شیب توسط نهشته‌های توفی الیگو - میوسن پوشیده می‌شود.



تصویر شماره ۷: نمایی از واحد سنگ آهک سازند قم که به‌صورت دگرشیب برروی توف ائوسن قرار گرفته

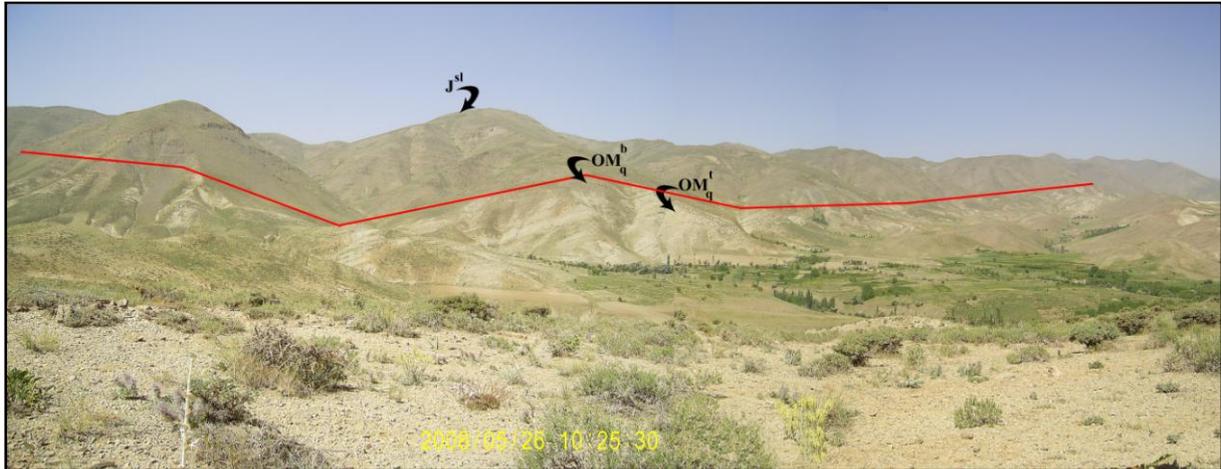
(دید به‌سمت شمال خاور)

واحد<sup>q</sup>, OM<sup>b</sup>: این واحد از سنگ‌های آتشفشانی بازیک تا میانه به‌رنگ تیره تشکیل شده و در بخش شمال باختری محدوده دارای رخنمون می‌باشد. واحد فوق در واقع بخش آتشفشانی سازند قم است. از این واحد یک نمونه به شماره 87.A.24Pa برای انجام مطالعات مقطع نازک برداشت و مطالعه شد؛ نمونه فوق دارای بافت هیالوپورفیری می‌باشد، اصلی‌ترین فنوکریست این نمونه پلاژیوکلاز بوده که به‌صورت شکل‌دار و نیمه‌شکل‌دار و به‌صورت میکروولیت، با ترکیب الیگوکلاز - آندزین در مقطع قابل مشاهده می‌باشد. حد فاصل میکروولیت‌ها را شیشه و کانی‌های بی‌شکل فیلسیلیکات، کربنات و اکسید آهن پر کرده است. کانی‌های ثانویه شامل کانی‌های فیلسیلیکاته، کربنات کلسیم و فلدسپات آلکالن می‌باشد کانی‌های فرعی این نمونه شامل کانی‌های اپک و اکسیدهای آهن (ایلمنیت و مگنتیت) می‌باشد. بر پایه این مطالعه نام نمونه فوق هیالو آلکالی بازالت است. این واحد در بالا، پایین و در میان واحد توفی<sup>q</sup>, OM<sup>t</sup> قرار دارد.



تصویر شماره ۸: نمایی از تصویر میکروسکوپی نمونه شماره 87.A.24Pa (الف) نور ساده (ب) نور پلاریزه (بزرگنمایی ۱۰X)

واحد<sup>q</sup>, OM<sup>t</sup>: این واحد از توف‌های نازک تا متوسط لایه به‌رنگ کرم تا خاکستری تشکیل یافته و در بخش‌های باختری (شمال باختر و جنوب باختر) محدوده دارای رخنمون می‌باشد، واحد فوق به‌صورت هم‌شیب بر روی واحد<sup>q</sup>, OM<sup>ml</sup> قرار گرفته ولی تماس آن با واحد<sup>sl</sup>, J به‌صورت گسله می‌باشد.



تصویر شماره ۹: نمایی از گسل تراستی که سبب راندگی اسلیت‌های ژوراسیک بر روی واحدهای جوان‌تر شده است  
(دید به سمت جنوب باختر)

واحد  $M_{II}^s$ : این واحد از کنگلومرا، مارن، شیل و ماسه‌سنگ قرمز رنگ تشکیل شده که در بخش‌های خاوری و جنوب خاوری محدوده رخنمون دارد، و به‌طور هم‌شیب بر روی واحد  $OM_q^a$  قرار می‌گیرد. این واحد معادل بخش‌های زیرین سازند قرمز فوقانی در منطقه قم می‌باشد.

واحد  $PL - Q^c$ : این واحد که در بخش‌های خاوری محدوده رخنمون دارد شامل کنگلومرای پلی‌ژنتیک با قطعات ریز و درشت در یک زمینه رسی - سیلتی است. رنگ عمومی این واحد خاکستری روشن بوده و قطعات آن نیمه‌گرد شده با جورشدگی متوسط تا بد است. این واحد کنگلومرای، معادل کنگلومرای هزار دره در البرز است و به‌طور ناهمساز و با شیب کم (در حدود ۵ درجه) بر روی نهشته‌های آواری میوسن قرار گرفته است.

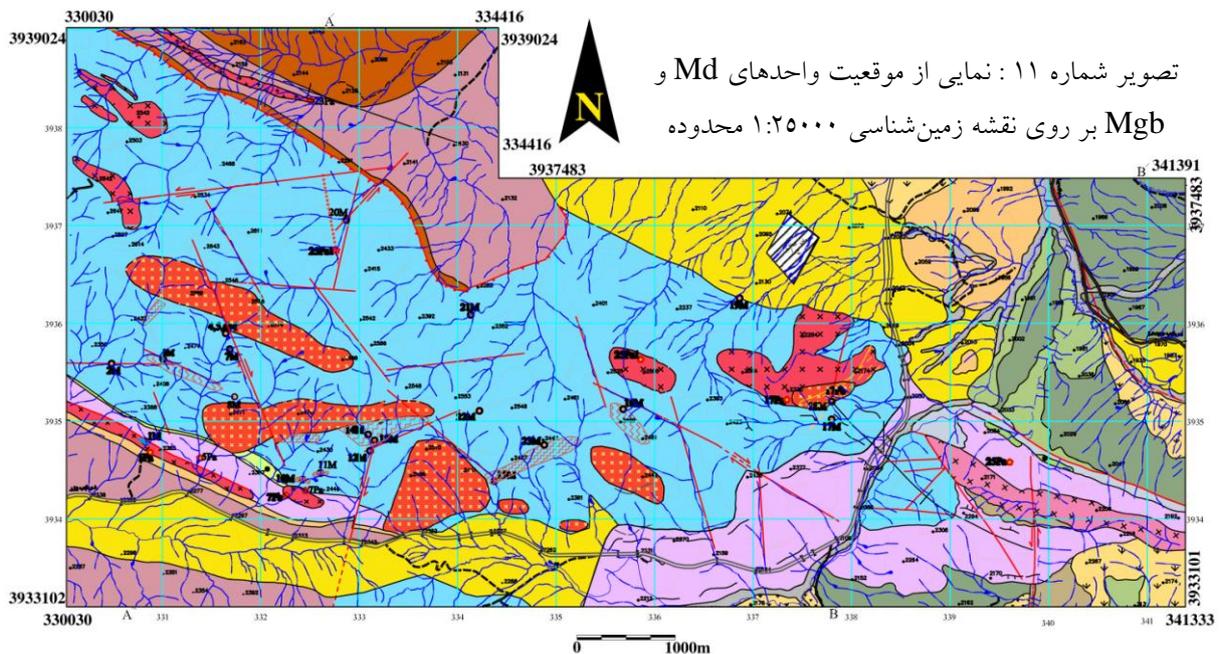


تصویر شماره ۱۰: نمایی از واحد  $M_{su}^s$  (دید به سمت خاور)

#### ۴-۳- توده‌های نیم‌ژرف

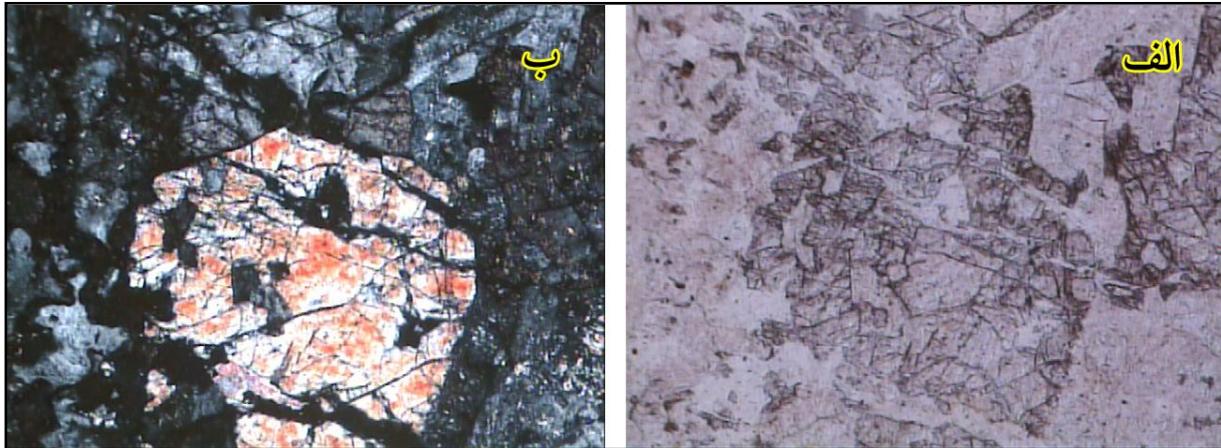
توده‌های نفوذی محدوده شامل چند توده نیم‌ژرف با ترکیب بازیک تا میانه [میکرو گابرو (Mgb) تا میکرو دیوریت (Md)] است که در واحدهای کهن‌تر نفوذ کرده و سبب دگرسانی عمدتاً سیلیسی - هماتیته در این واحدها شده‌اند. با توجه به نفوذ در سنگ‌های آواری ژوراسیک، ائوسن و الیگو - میوسن، سن آنها را می‌توان به (میوسن؟) نسبت داد. در برخی نقاط در همبری توده‌های نیم‌ژرف با واحد اسلیت ژوراسیک، شاهد دگرگونی مجاورتی (هورنفلس) می‌باشیم. همچنین وجود کانی‌های تیتان دار مانند اسفن، تیتانیت و ایلمنیت بر اهمیت مطالعه دقیق‌تر این واحدها می‌افزاید، به همین منظور از این واحدها ۶ نمونه برای انجام مطالعات سنگ‌شناسی انتخاب و مطالعه شد که بر پایه این مطالعات و بر اساس ویژگی‌های سنگ‌شناختی، دو نوع توده در محدوده شناسایی شد؛ یکی بازیک‌تر بوده و در حد گابرو تا مونزوگابرو نام‌گذاری و در نقشه زمین‌شناسی محدوده به نام Mgb مشخص شده است. نوع دیگر تا حدودی اسیدی‌تر بوده و بر اساس مطالعات سنگ‌شناسی در حد دیوریت تا کوارتز دیوریت نام‌گذاری و در نقشه زمین‌شناسی به نام Md

مشخص شده است. تصویر شماره ۱۱ موقعیت توده‌های گابرویی Mgb و دیوریتی Md را در نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ محدوده نشان می‌دهد.

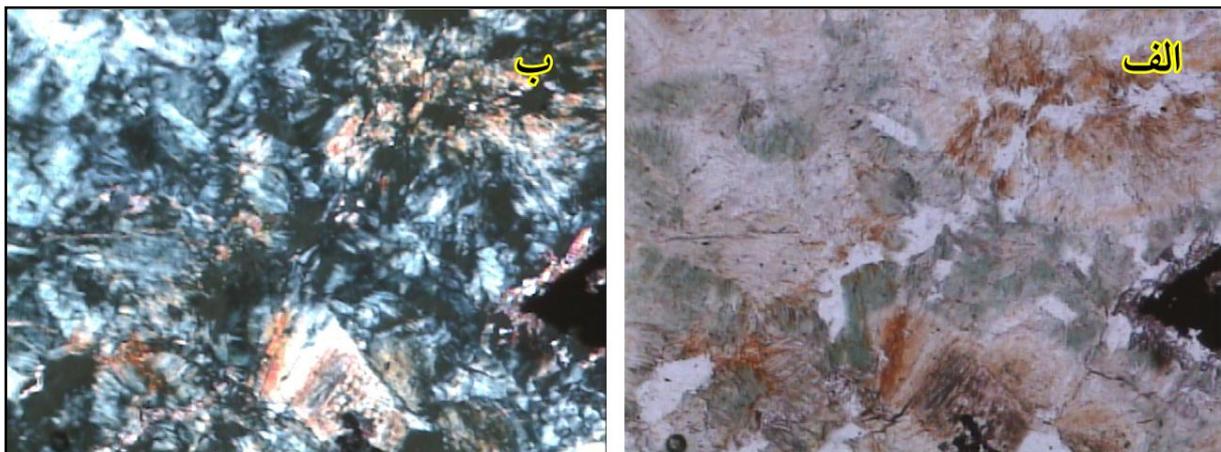


خلاصه نتیجه مطالعه نمونه‌های مربوط به واحد Mgb به صورت زیر است:

نمونه‌های برداشت شده از این واحد دارای بافت گرانولار؛ گرانولار - پگماتیسی می‌باشد. کانی‌های اصلی مشاهده شده شامل پلاژیوکلاز، به صورت شکل‌دار و نیمه‌شکل‌دار با ترکیب متوسط با تجزیه به کانی‌های فیلسیلیکاته، کلینوپیرکسن (اوژیت و دیوپسید) و اولیوین می‌باشد. از کانی‌های پیروکسن و اولیوین گاه تنها قالب آنها به جا مانده است. کانی‌های فرعی موجود در این نمونه‌ها شامل کانی‌های اوپک، اکسید آهن و اسفن است. همچنین کانی‌های ثانویه موجود در این نمونه‌ها شامل کلریت، کربنات، سرپانتین، کانی‌های فیلسیلیکاته، ترمولیت، اکتینولیت و تیتانیت است. کانی‌های فرعی موجود در نمونه‌های برداشت شده از این واحد شامل کانی‌های ایلمنیت، اکسید آهن و اسفن است.



تصویر شماره ۱۲: نمایی از تصویر میکروسکوپی نمونه شماره 87.A.7Pa از واحد Mgb (الف) نور ساده (ب) نور پلاریزه (بزرگنمایی ۱۰X)

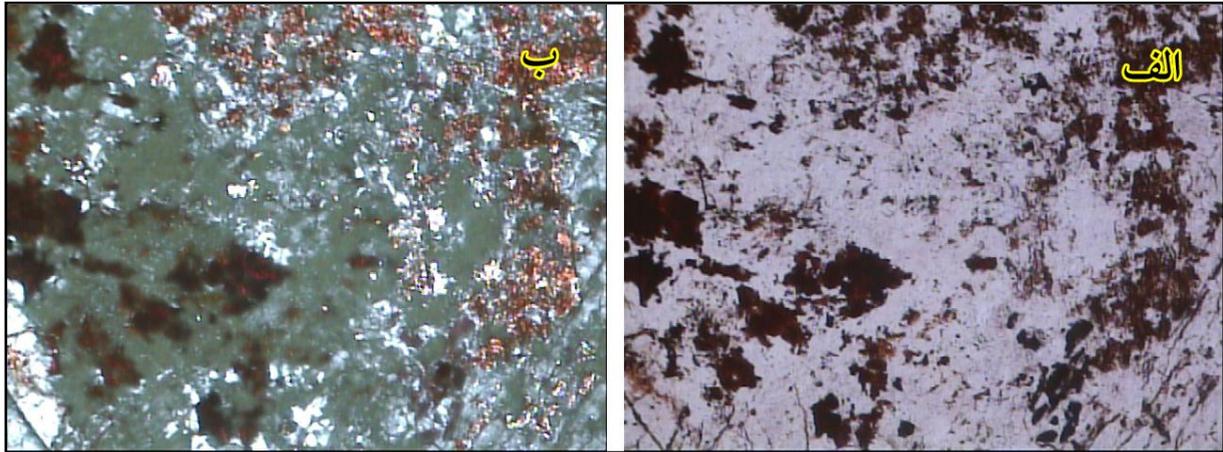


تصویر شماره ۱۳: نمایی از تصویر میکروسکوپی نمونه شماره 87.A.7Pb از واحد Mgb (الف) نور ساده (ب) نور پلاریزه (بزرگنمایی ۱۰X)

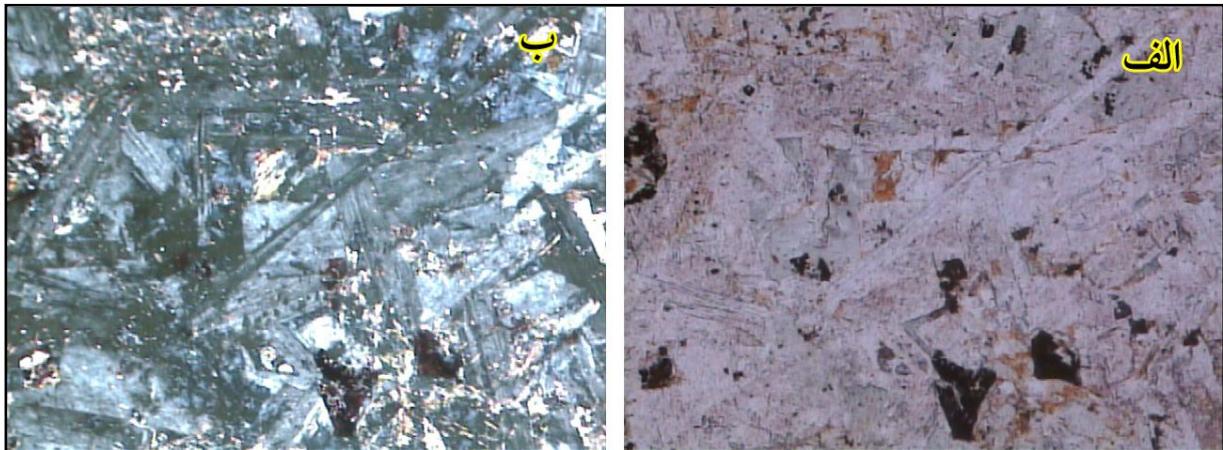
خلاصه نتیجه مطالعه نمونه‌های مربوط به توده نیم‌ژرف Md به صورت زیر است:

نمونه‌های برداشت شده از این واحد دارای بافت گرانولار؛ گرانولار - پگماتیسی می‌باشد. کانی‌های اصلی موجود در نمونه‌های برداشت شده از این واحد شامل پلاژیوکلاز، به صورت شکل‌دار و نیمه‌شکل‌دار با ترکیب متوسط با تجزیه به کانی‌های فیلسیلیکاته، کانی‌های فرومنیزین از نوع احتمالاً اولیوین که البته تنها قالب آنها باقی مانده است. کانی‌های فرعی موجود در نمونه‌های برداشت شده از این واحد شامل کانی‌های

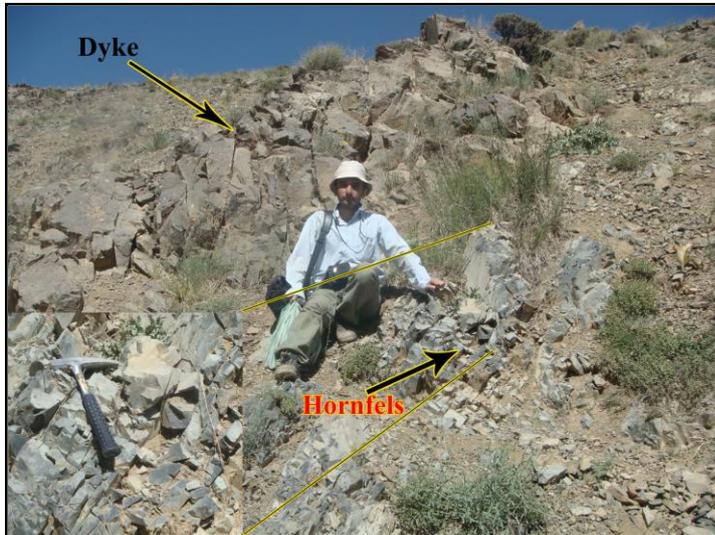
ایلمنیت، اکسیدهای آهن (مگنتیت و هماتیت) و اسفن می‌باشد و کانی‌های ثانویه مشاهده شده در نمونه‌های Md شامل کانی‌های فیلوسیلیکاته، اکسید آهن، اپیدوت و کربنات است.



تصویر شماره ۱۴: نمایی از تصویر میکروسکوپی نمونه شماره 87.A.17Pb از واحد Md الف) نور ساده ب) نور پلاریزه (بزرگنمایی ۱۰X)



تصویر شماره ۱۵: نمایی از تصویر میکروسکوپی نمونه شماره 87.A.25Pa1 از واحد Md الف) نور ساده ب) نور پلاریزه (بزرگنمایی ۱۰X)



تصویر شماره ۱۶: نمایی از یکی از دایک‌های محدوده و دگرگونی مجاورتی ایجاد شده در همبری آن با اسلیت‌ها (دید به سمت شمال باختری)



تصویر شماره ۱۷: نمایی از نفوذ توده میکرودیوریتی در بخش آهکی سازند قم و زون برشی محل تماس دو واحد (دید به سمت شمال باختر)



تصویر شماره ۱۸: نمایی نزدیک از توده میکرودیوریتی (Md) در محدوده مورد بررسی

#### ۴-۴- نهشته‌های کواترنری

نهشته‌های کواترنری از قدیم به جدید به صورت زیر است:

آبرفت‌های  $Q_2^t$ : شامل پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های آبرفتی جوان می‌باشد و مناطق پست دشت را تشکیل می‌دهد. این نهشته‌ها عمدتاً رسی - سیلتی بوده و حاوی قطعات ریز و درشت سنگی نیز می‌باشد.

آبرفت‌های  $Q^a$ : این واحد شامل بخش‌های کشاورزی شده و فوقانی نهشته‌های  $Q_2^t$  بوده و عمدتاً از رس و سیلت تشکیل شده است.

آبرفتهای جوان  $Q^{al}$ : شامل نهشته‌های بستر کنونی رودخانه‌ها مرکب از تخته‌سنگ، ریگ، شن ماسه و رس می‌باشد.

#### ۴-۵- زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک

محدوده مورد بررسی از نظر ساختاری در زون دگرگونه سنندج - سیرجان و در محل تلاقی آن با زون ایران مرکزی و کمان ماگمایی ارومیه - بزمان قرار دارد. در حقیقت یک ساختمان تاقدیس با روند شمال باختر - جنوب خاور را به‌نمایش می‌گذارد که دارای خواب محوری به‌سمت جنوب خاور بوده و نهشته‌های آواری و دگرگون شده ژوراسیک و توده‌های نفوذی دیوریتی - گابرویی در هسته آن و مجموعه آتشفشانی، آذرآواری و آواری - آتشفشانی ائوسن در دماغه جنوب خاوری تاقدیس و نهشته‌های آواری میوسن در هسته ناودیس رخنمون دارد. گسله بزرگ و پی‌سنگی آوج با روند شمال باختر - جنوب خاوری که یک گسل امتداد لغز با جابجایی راست‌گرد است از گوشه شمال خاوری محدوده عبور و باعث بریدگی و جابجایی ادامه ساختمان ناودیسی شده و واحدهای سنگی میوسن در یال شمال خاوری ناودیس را ۱۰۰۰ متر جابجا کرده است. دو سیستم شکستگی شمال باختر - جنوب خاوری و شمال خاور - جنوب باختری محدوده راتحت تاثیر قرار داده که احتمالاً گسل‌های درجه ۲ و ۳ مربوط به سیستم امتدادلغز آوج است.

گسل‌های شمال باختر - جنوب خاوری همانند گسل بزرگ آوج راست‌گرد و گسل‌های شمال خاور - جنوب باختری دارای جابجایی عمدتاً چپ‌گرد می‌باشند. یک گسله تراستی در یال شمال باختری تاقدیس باعث رانده شدن نهشته‌های اسلیتی و فیلیتی ژوراسیک به‌روی توف‌ها و گدازه‌های بازالتی الیگو - میوسن شده است. در یال شمال باختری تاقدیس اصلی مجموعه آواری - آتشفشانی الیگو - میوسن خود تاقدیس ملایمی را در باختر همان روند به‌نمایش می‌گذارد که نهشته‌های توفی OM<sup>۱</sup> در هسته آن قرار دارد.

## ۵- عملیات اکتشافی

### ۱-۵ مقدمه

محدوده مورد بررسی از تلفیق اطلاعات ژئوشیمی، زمین‌شناسی اقتصادی و زمین‌شناسی موجود در منطقه تعیین گردیده، بطوریکه از تلفیق اطلاعات فوق مناسب‌ترین محدوده برای انجام عملیات اکتشافی شناسایی گردید.

براساس «پروژه پی‌جویی ذخایر تمامورفیک‌های ایران، گزارش پی‌جویی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ آوج» که توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (مرتضی عشق‌آبادی ۱۳۷۲) انجام پذیرفته، برای پی‌جویی مواد معدنی در این محدوده پیمایش‌هایی صورت گرفته است. تعدادی از این پیمایش‌ها در محدوده مورد بررسی موضوع این گزارش قرار می‌گیرد که شرح آنها به قرار زیر است:

۱. بازدید در مسیر راه آوج به روستاهای چوبینه، گاویک، خسروآباد، واروق: واحدهای سنگ‌چینه‌ای قابل مشاهده در این مسیر بیشتر شامل سنگ آهک الیگو - میوسن (سازند قم) است که فعالیت‌هایی برای احداث سینه‌کار و استخراج صورت پذیرفته است. در گزارش فوق؛ این واحد سنگ آهک برای تولید آهک صنعتی مناسب تشخیص داده شده است.

۲. بازدید در مسیر راه آوج به روستاهای اروان، مشانه، رضوان، پروان: این مسیر در دو پیمایش یکی در غرب روستای مشانه و دیگری در جنوب روستای پروان مورد بررسی قرار گرفت. در این مسیر

نشانه‌های معدنی مشاهده نشده است. از سنگ‌های آهکی الیگومیوسن (سازند قم) واقع در مسیر راه آوج به پروان یک نمونه گرفته شد. این سری آهک‌ها بعلت وجود شکستگی در آنها تنها می‌تواند در آهک صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. این نمونه مورد تجزیه XRF قرار گرفت و در آن میزان  $MgO=0.5$ ،  $CaO=54.31$  و  $L.O.I=42.45$  تعیین گردید.

### ژئوشیمی

برای مطالعات ژئوشیمیایی از کل ورقه ۷ نمونه گرفته شده است. نتایج حاصل از آنالیز این نمونه‌ها نشان می‌دهد:

جدول شماره ۱: مقادیر میانگین عناصر موجود در نمونه‌های ژئوشیمی

Element	Pb	Ni	Cd	Sb	Zn	Cu	Co	Bi	Ag	Mo	V	Mn
Min(ppm)	21	19	nd	nd	27	16	9	nd	nd	nd	nd	340
Max(ppm)	43	50	2	85	32	36	25	55	nd	2	nd	900

### کانی سنگین

برای انجام مطالعات کانی سنگین در ورقه آوج از آبراهه‌های اصلی تعداد ۷ نمونه اخذ گردیده است که توسط بخش کانی سنگین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مطالعه شده است. با بررسی این نمونه‌ها مشخص شده است که فقط درصد کانی‌های مگنتیت، هماتیت و پیروکسنیت در بعضی از نمونه‌ها بالا و درصد کانی‌های اقتصادی دیگر محدوده پایین است.

### ۲-۵- خلاصه نتایج مطالعات ژئوشیمی در برگه ۱:۵۰,۰۰۰ آوج

شرکت مهندسين مشاور کاوش کانسار در سال ۱۳۸۵ در اجرای پروژه «پتانسیل یابی مواد معدنی در قالب اکتشاف معادن شهرستان بویین‌زهرا» محدوده مورد بررسی را مورد مطالعات ژئوشیمی قرارداد. در پایان این

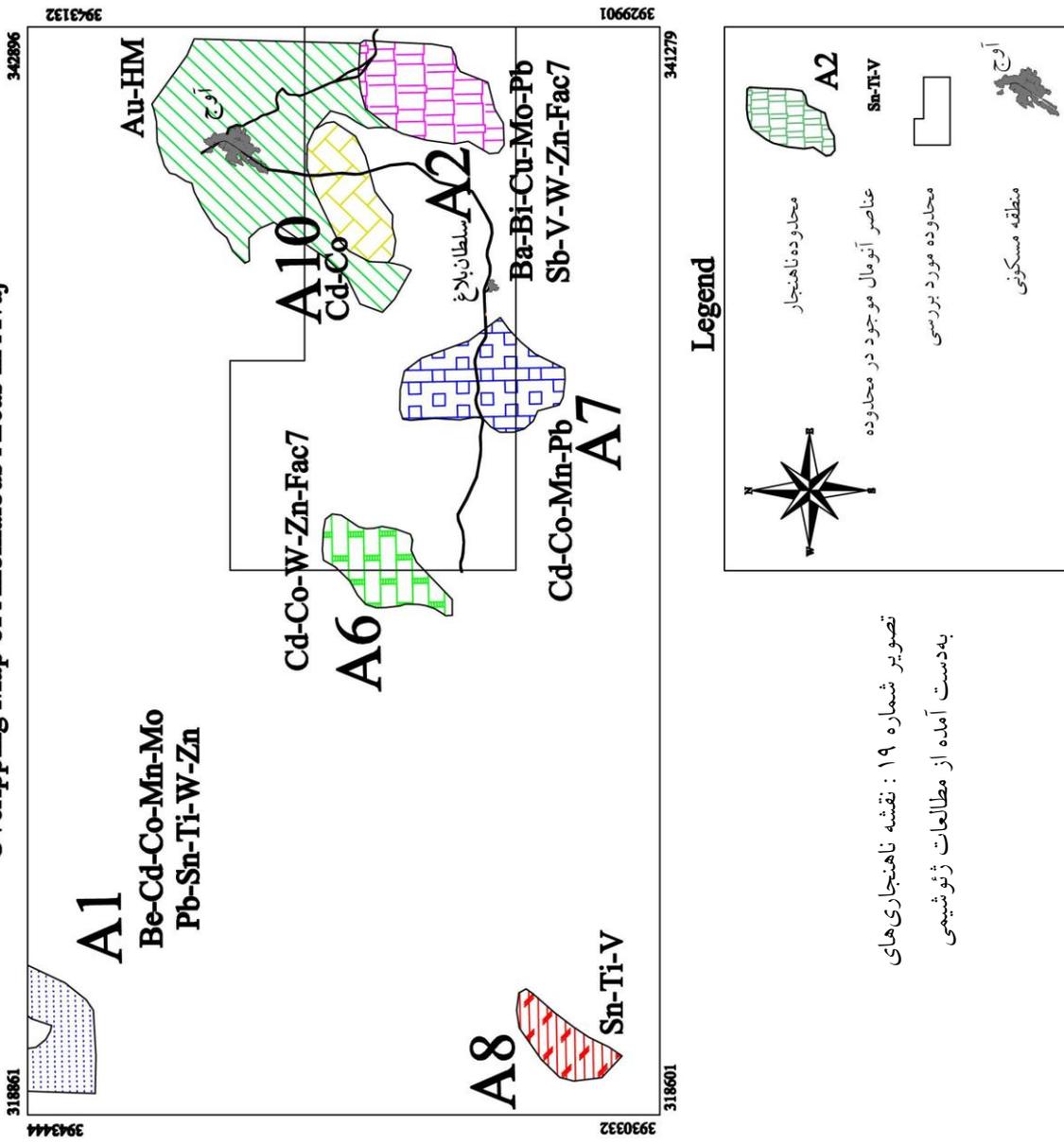
مطالعات که در محدوده برگه ۱:۵۰,۰۰۰ آوج صورت گرفته تعداد ۱۰ محدوده ناهنجاری شناسایی گردیده که به نام‌های A1 تا A10 نام‌گذاری شده‌اند. موقعیت ناهنجاری‌ها و عناصر ناهنجار شناسایی شده در هر محدوده در تصویر شماره ۱۹ نمایش داده شده است.

از ده محدوده ناهنجار مذکور محدوده‌های A2، A6، A7، A8 و A10 همچنین نیمه جنوبی محدوده A1 و نیز ناهنجاری طلای به دست آمده از مطالعات کانی‌سنگین اطراف شهرستان آوج، در محدوده پیشنهادی کارفرما برای پروژه «تهیه نقشه زمین‌شناسی اقتصادی ۱:۲۵۰۰۰ آوج» قرار می‌گیرند که شرح خلاصه محدوده‌های فوق به صورت زیر است:

ناهنجاری A1: این ناهنجاری در فاصله حدود ۵ کیلومتری شمال روستای خلیج قرار می‌گیرد و دارای مساحتی در حدود ۶ کیلومتر مربع می‌باشد. عناصر ناهنجار این محدوده شامل Be-Cd-Co-Mn-Mo-Pb-Sn-Ti-W-Zn است. واحد سنگی موجود در بالادست این محدوده را سنگ‌های دگرگونه (اسلیت) ژوراسیک تشکیل می‌دهد. شایان ذکر است که نمونه‌های کانی‌سنگین برداشت شده از این محدوده نسبت به کانی خاصی غنی‌شدگی نشان ندادند.

ناهنجاری شماره A2: این ناهنجاری حدود ۵ کیلومتر مربع مساحت داشته و در فاصله ۲/۵ کیلومتری جنوب خاور شهرستان آوج و ۱ کیلومتری شمال خاور روستای خروس دره واقع شده است. عناصر ناهنجار این محدوده شامل Ba-Bi-Cu-Mo-Pb-Sb-V-W-Zn می‌باشد. همچنین Fac7 نیز که معرف کانی‌سازی سرب، روی و کادمیوم در منطقه می‌باشد در این محدوده ناهنجار است. همچنین در دو نمونه کانی‌سنگین برداشت شده از این محدوده کانی‌های اسفالریت، سروزیت، اسمیتیت و کالکوپیریت مشاهده شده است. واحدهای سنگی بالادست این محدوده شامل توف، سنگ آهک نومولیت‌دار، آندزیت، مارن و ماسه‌سنگ ائوسن است.

Overlapping Map of Anomalous Areas in Avaj



تصویر شماره ۱۹ : نقشه ناهنجاری‌های  
به‌دست آمده از مطالعات ژئوشیمی

ناهنجاری شماره A6 : این ناهنجاری با مساحتی در حدود ۳ کیلومتر مربع در فاصله حدود ۱/۵ کیلومتری شمال خاور روستای گرمک واقع شده و عناصر Cd-Co-W-Zn در آن ناهنجار هستند. همچنین در یکی از نمونه‌های کانی‌سنگین برداشت شده از این محدوده کانی‌های گالن و ایلمنیت دیده شده است. سنگ‌های بالادست این محدوده شامل سنگ‌های دگرگونی (اسلیت) ژوراسیک، توده گابرویی میوسن و توف‌های ترسیب است.

ناهنجاری شماره A8 : این ناهنجاری در حدود ۳ کیلومتری باختر روستای وهنه واقع شده و مساحت آن در حدود ۲ کیلومتر مربع می‌باشد. عناصر ناهنجار موجود در این محدوده شامل Sn-Ti-V است. ناهنجاری فوق در آلویوم قرار گرفته و رخنمون سنگی در آن وجود ندارد. واحدهای سنگی بالادست این محدوده شامل توف و سنگ‌های بازیک الیگو - میوسن می‌باشد.

ناهنجاری شماره A10 : این ناهنجاری دارای حدود ۳ کیلومتر مربع مساحت بوده و در حدود ۱ کیلومتر جنوب آوج واقع شده است. عناصر ناهنجار موجود در این ناهنجاری Cd-Co می‌باشد. واحدهای سنگی موجود در بالادست این محدوده شامل سنگ‌های دگرگونی (اسلیت) ژوراسیک، مارن و ماسه‌سنگ می‌باشد.

### ناهنجاری‌های طلا

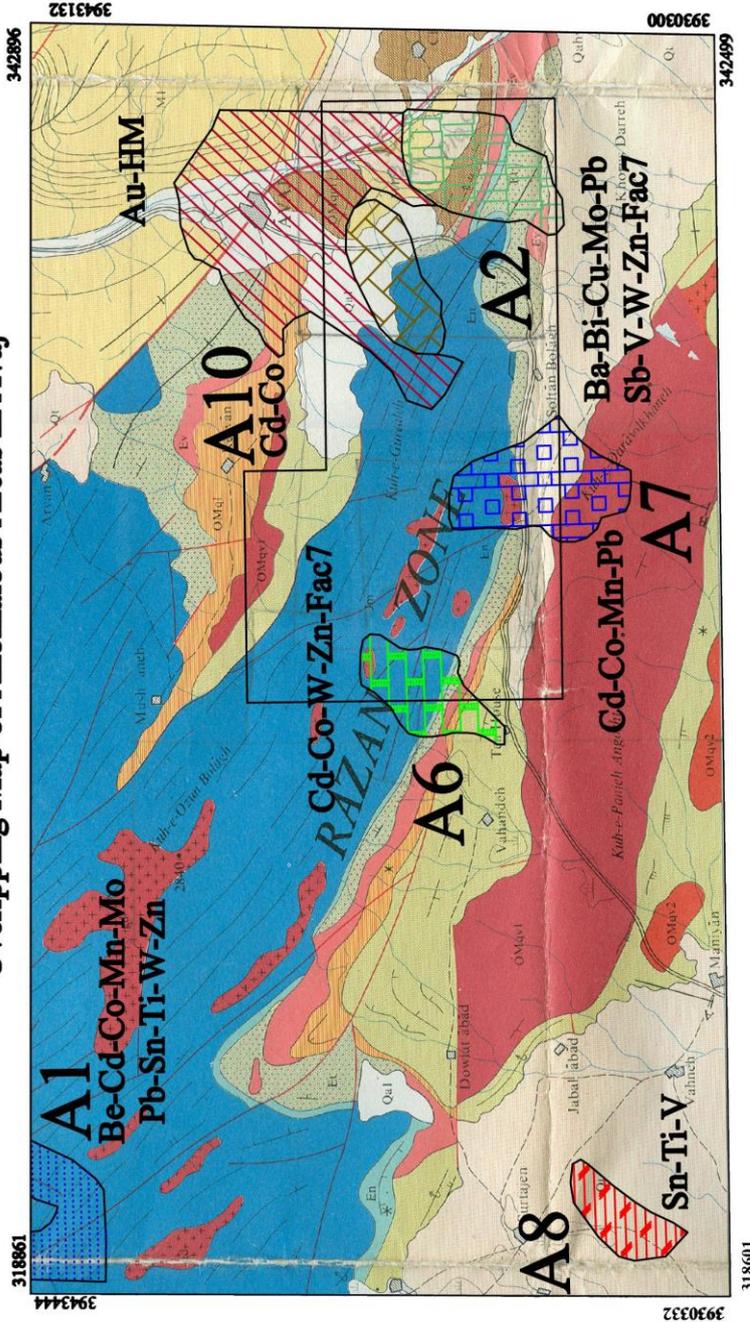
میزان طلای موجود در نمونه‌های ژئوشیمی برداشت شده در این پروژه حداکثر به ۶ ppb می‌رسد و در بیشتر نمونه‌ها میزان طلا صفر است. تنها در یک نمونه کانی‌سنگین برداشت شده از این محدوده، یک ذره طلا مشاهده شده است. شایان ذکر است که در نمونه‌های برداشت شده از این محدوده، میزان طلا در حد ناهنجار نیست تا ناهنجاری فوق را تایید کند.

در جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه شده در این گزارش ناهنجاریهای شماره A1-A2-A3 و A4 برای بررسی در مرحله عمومی پیشنهاد شده که نتایج ژئوشیمی و کانی‌سنگین کاملاً برهم منطبق و مورد قبول هستند. در مطالعات انجام شده در این پروژه عناصر سرب و روی به‌همراه باریوم و کادمیوم که پارائنز یکدیگر نیز می‌باشند در برخی حوضه‌ها دارای ناهنجاری هستند که در برخی موارد این ناهنجاری‌ها توسط کانی‌سنگین

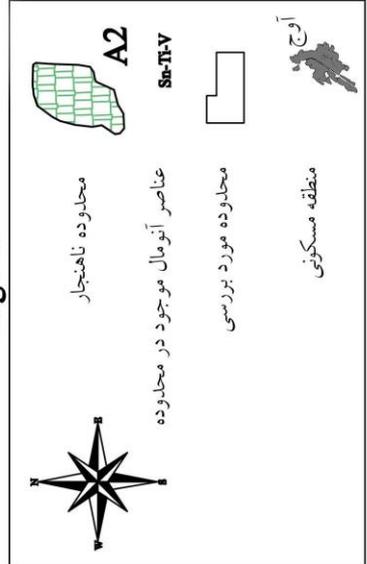
نیز تایید شده‌اند. همچنین در برخی نمونه‌های کانی‌سنگین نیز کانی‌های مس (مانند کالکوپیریت) مشاهده شده است.

در مجموع و در پایان این مطالعات؛ بررسی بیشتر بر روی ناهنجاری‌های A1 تا A5 به‌ویژه A2 پیشنهاد شده است که در چهارگوش پیشنهادی اولیه توسط کارفرما به این مشاور، ناهنجاری‌های A1-A2-A6-A7-A8 و A10 در محدوده قرار می‌گیرند. در نتیجه محدوده مورد مطالعه توسط مشاور به‌نحوی انتخاب گردید که تقریباً تمامی ناهنجاری‌های معرفی شده در مطالعات فوق را شامل شود، به‌طوری‌که ناهنجاری‌های A6-A7 و A2 و A10 را در برگرفت، همچنین بخشی از محدوده ناهنجاری کانی‌سنگین طلا را نیز شامل می‌شود. در ضمن محدوده فوق با توجه به واحدهای سنگ‌چینه‌ای موجود در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه آوج بیشترین احتمال پتانسیل کانی‌سازی را در کل محدوده دارا می‌باشد. در تصویر شماره ۲۰ ناهنجاری‌های ژئوشیمی موجود در منطقه بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آوج نمایش داده شده است.

Overlapping Map of Anomalous Areas in Avaj



Legend



تصویر شماره ۲۰ : نقشه ناهنجاری‌های

به‌دست آمده از مطالعات ژئوشیمی

شماره نقشه: ۱۰۸۰۰۰۰۰-آ

با توجه به مطالعات انجام شده فوق، برای انجام عملیات اکتشافی ابتدا تعداد ۶ پیمایش در محدوده انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت، انتخاب پیمایش‌ها با توجه به چگونگی گسترش واحدهای سنگی محدوده صورت پذیرفت، به طوریکه بیشترین رخنمون سنگی موجود در منطقه مورد بررسی قرار گیرد و هم اینکه تمامی مناطق مشکوک به کانه‌زایی مطالعه و بازبینی شوند. پس از ارائه گزارش پیشرفت کار به کارفرمای محترم و اعلام عدم مشاهده کانی‌سازی قابل توجه در محدوده مورد بررسی، با موافقت کارفرما مقرر گردید که تعداد ۴۰ نمونه کانی‌سنگین از کل محدوده برداشت و مورد مطالعه قرار گیرد و بر اساس نتایج آن نسبت به ادامه عملیات اکتشافی تصمیم‌گیری شود. لذا در ادامه عملیات اکتشافی تعداد ۴۰ نمونه کانی‌سنگین از رسوبات آبراهه‌ای برداشت و هم‌زمان تعداد ۲۲ نمونه سنگی از بخش‌های دگرسان و مشکوک به کانی‌سازی مناطق اطراف نمونه‌های کانی‌سنگین برداشت و برای انجام آزمایش‌های مربوطه به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج مطالعات نمونه‌های کانی‌سنگین و آنالیز نمونه‌های برداشت شده از رخنمون‌های سنگی به شرح زیر است:

### ۳-۵- نتایج مطالعات اکتشافی در محدوده آوج با استفاده از روش نمونه برداری کانی‌سنگین

#### ۳-۵-۱- مقدمه

برای اکتشاف مواد معدنی در مراحل شناسایی و پی‌جویی، استفاده از روش‌های اکتشافی که به بررسی هاله‌های ثانویه می‌پردازند، می‌تواند بسیار موثر واقع شود. چرا که هاله‌های اولیه اصولاً دارای پراکندگی ضعیفی بوده و شعاع تاثیر چندان زیادی ندارند. بنابراین جهت شناسایی مواد معدنی در مرحله پی‌جویی (که هیچ اطلاعات دقیقی از محل حضور کانسار وجود ندارد) کاربرد مفیدی ندارند (مگر اینکه ماده معدنی بطور اتفاقی و با روش‌های غیر سیستماتیک رویت و کشف شود).

در مقابل هاله‌های ثانویه از گسترش و شعاع تاثیر قابل توجهی برخوردار هستند. این مسئله سبب شده است تا این هاله‌ها به ابزار قدرتمندی جهت اکتشاف مواد معدنی در مرحله پی‌جویی قرار گیرند. یکی از مهمترین و قویترین عوامل ایجاد هاله‌های ثانویه، هوازگی می‌باشد که بهترین راه ثبت و مطالعه آنها، نمونه برداری از رسوبات رودخانه‌ای است. برای این منظور سه روش اصلی جهت مطالعه وجود دارد که به شرح زیر است:

۱- بررسی نمونه‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای: در این روش از اجزاء ریز (در حد رس) رسوبات رودخانه‌ای نمونه برداری و اقدام به آنالیز و مطالعه نتایج آنها می‌شود.

۲- بررسی نمونه‌های کانی سنگین از رسوبات رودخانه‌ای: در این روش از رسوبات درشت تر (جزء ۲۰- مش) رودخانه‌ای استفاده می‌شود. در این روش پس از الک کردن نمونه‌ها لاک شویی و سپس برومفورم گیری و در نهایت مگنت گیری می‌کنند. نمونه باقی مانده در مرحله آخر توسط میکروسکوپ بینوکولار مطالعه شده و یا مورد آنالیز شیمیایی قرار می‌گیرند. در پایان با استفاده از محاسبات ریاضی مقدار ppm یک کانی خاص در نمونه بدست می‌آید. در مورد استفاده از روش کانی سنگین توضیحات بیشتری در متن آورده شده است.

۳- روش BLEG: در این روش که یک راه جدید برای اکتشاف طلا می‌باشد، از بخشهای ۲۰- مش رسوبات رودخانه‌ای نمونه برداری می‌شود و کل حجم نمونه با استفاده از روشهای شیمیایی مورد آنالیز قرار می‌گیرد. این روش نیز یک روش بسیار موثر ولی پرهزینه جهت اکتشاف طلا است.

جهت انجام اکتشاف مواد معدنی در این منطقه طبق نظر کارفرمای محترم از روش نمونه برداری کانی سنگین استفاده شد و بر اساس آن مقرر شد تا با برداشت حداکثر ۴۰ نمونه کانی سنگین این منطقه تحت پوشش عملیات اکتشافی قرار گیرد. همراه با برداشت نمونه‌های کانی سنگین اقدام به تکمیل نقشه زمین‌شناسی هم مقیاس و بررسی‌های زمین‌شناسی اقتصادی و نمونه برداری سنگی گردید.

مناطق ناهنجار مشخص شده حاصل از اکتشاف ژئوشیمیایی آبراهه‌ای، می‌توانند ناشی از پدیده‌های کانی‌سازی احتمالی و یا نتیجه مؤلفه سن‌ژنتیک باشند. لذا ضرورت استفاده از سایر روشهای نمونه‌برداری و

نیز بررسی‌های صحرایی جهت تفکیک آنومالی‌های مربوط به هریک از آنها کاملاً روشن می‌باشد. در این ارتباط بررسی مناطق دگرسانی، زونهای مینرالیزه و مطالعات کانی‌سنگین صورت می‌گیرد. مطالعات کانی‌سنگین مشخص می‌کند که تمرکز عناصر مورد بررسی درچه فازی صورت گرفته است. بدیهی است پیدایش یک عنصر در فازهای مختلف ارزش اکتشافی متفاوتی دارد و بر اساس آن می‌توان هاله‌های ثانویه را به دو نوع مرتبط با کانی‌سازی و هاله‌های حاصل از پدیده‌های سنگ‌زایی تقسیم نمود. در محیط‌های کانی‌سازی، عناصر فاز مستقل خود را به وجود می‌آورند ولی در حالت عادی سنگ‌زایی بیشتر با ورود این عناصر در ترکیب (یا محلول جامد) کانیهای سازنده سنگ روبرو هستیم. البته ممکن است حالت‌های استثنا نیز وجود داشته باشد. در واقع در مطالعات کانی‌سنگین به دنبال فاز مستقل عناصر هستیم که می‌تواند نویدبخش زونهای کانه‌زایی در منطقه باشد.

### ۵-۳-۲- ردیابی کانی‌سنگین

ارزش مشاهدات کانی‌سنگین که جزء کانیهای فرعی سازنده سنگ هستند و ممکن است در مناطق فاقد کانی‌سازی نیز پیدا شوند، می‌تواند معرف محیط و بستر مناسب وقوع کانی‌سازی باشد. برای مثال به چند مورد اشاره می‌شود.

الف- طلا: مشاهده ذرات طلا در کنسانتره کانی‌سنگین می‌تواند حاکی از مناطق امیدبخش باشد. ارتباط طلا با آرسنوپیریت و تعدادی از کانی‌های سولفوسالت دیگر می‌تواند در تعیین مناطق امیدبخش مؤثر واقع شود. در نهشته‌های اپی‌ترمال دانه‌ریز به ندرت ممکن است طلا در نمونه تغلیظ‌شده کانی‌سنگین معمولی یافت شود. در صورت پیدایش و همراهی آن با سینابر و استینیت، اهمیت منطقه اکتشافی دو چندان می‌شود.

ب - شلثیت: همراهی قابل توجه شلثیت و طلا به عنوان مثال در کمربندهای گرین‌استون دنیا گزارش شده است و شلثیت به عنوان یک کانی ردیاب شناخته می‌شود. بنابراین یکی از روشهای اکتشافی در این گونه مناطق تمرکز عملیات اکتشافی روی کانی شلثیت می‌باشد.

ج - باریت: باریت در بسیاری از کانسارهای فلزات پایه وجود دارد. وجود آن در بخش تغلیظ یافته کانی سنگین دلالت بر وجود احتمالی چنین نهشته‌هایی است و با توجه به وسعت هاله‌های آنها می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

د - تورمالین: وجود تورمالین در بسیاری از کانسارهای هیپوژن عناصر Au, Cu, Sn, W گزارش شده است. از آنجا که ابعاد هاله پراکندگی آن در سنگ‌های متاسوماتوز، استوک‌ورک‌ها و هاله‌های ثانوی مانند رسوبات رودخانه‌ای غالباً بیشتر از ابعاد توده‌های معدنی وابسته به آنها است، کاربرد آن به عنوان ردیاب اکتشافی سودمند می‌باشد. تورمالین در سنگهای بسیاری از قبیل نفوذی و خروجی، دگرگونی و دگرسان شده از نوع پروپیلیتی، کوارتز سریسیتی و کوارتز-تورمالین یافت می‌شود. زون‌های برشی، استوک‌ورکی و رگه‌های معدنی نیز ممکن است تورمالین داشته باشد.

### ۵-۳-۳- بزرگی هاله‌های کانی سنگین

ترکیب سنگ‌شناسی، بزرگی رخنمون در ناحیه منشأ، هوازدگی شیمیایی و مکانیکی از عوامل مؤثر در توسعه هاله‌های کانی سنگین به شمار می‌روند که در مورد اخیر به شرایط آب و هوایی و نیز ژئومورفولوژی منطقه بستگی دارند. به این ترتیب بر حسب شیب توپوگرافی ممکن است ذرات طلا و ولفرامیت تا دهها کیلومتر از ناحیه منشأ فاصله بگیرند و برخی کانیها در همان یک کیلومتر ابتدای مسیر تا ۹۰٪ مقدار اولیه کاهش پیدا کنند.

با توجه به تحرک اندک ذرات کانی سنگین نسبت به یونها، هاله‌های ثانویه کانی سنگین گسترش کمتری پیدا می‌کنند. به همین دلیل انتخاب محل مناسب نمونه برداری جهت حصول به نتیجه مطلوب بسیار حائز اهمیت است.

### ۵-۳-۴- برداشت نمونه‌های کانی سنگین

نمونه‌های کانی سنگین با حفر در رسوب سطحی آبراهه‌های مربوطه به‌ویژه در نقاطی که رسوبات دانه‌درشت و دانه‌ریز مخلوط می‌باشند، برداشت می‌گردد. در نمونه برداری سعی گردید تا هر نمونه از چند نقطه مناسب بویژه در پیشانی روبه جریان و یا منتهی الیه پشت به جریان قلوه سنگها و یا تخته سنگها برداشت گردد تا احتمال دریافت ذرات کانی سنگین افزایش یابد. چگالی نمونه برداری کانی سنگین، علاوه بر سقف تعیین شده بوسیله شرح خدمات عمدتاً تابع مساحتی است که باید با استفاده از این روش تحت ارزیابی قرار گیرد. از هر موقعیت اقدام به برداشت ۱۵ الی ۲۰ کیلوگرم نمونه الک نشده گردید. نحوه شماره گذاری نمونه ها به صورت A4H-87 می باشد، که 87، بیانگر تاریخ انجام عملیات، A، بیانگر حرف اول آوج، 4، بیانگر شماره نمونه و H، نشان دهنده نوع نمونه (کانی سنگین) است.

در پایان، تعداد ۴۰ نمونه برداشت گردیده است. موقعیت نمونه‌ها در نقشه صفحه بعد نشان داده شده است.

### ۵-۳-۵- آماده‌سازی و مطالعه نمونه‌های کانی سنگین

نمونه‌های کانی سنگین که به این ترتیب برداشت گردیدند، در کارگاه نمونه‌شویی ابتدا حجم سنجی و سپس گل‌شویی شدند. پس از آن روی پن‌های بزرگ و کوچک طی دو مرحله با حرکات دورانی در سطح آب به تدریج ذرات با چگالی کمتر از آنها جدا گردیدند. مقدار باقیمانده روی پن کوچک تقریباً به طور کامل از ذرات کانی سنگین تشکیل شده است. این بخش خشک و مجدداً حجم سنجی گردید.

پس از این مرحله نمونه‌ها به طور جداگانه درون مایع سنگین بروموفرم ریخته شدند تا براساس وزن مخصوص خود به دو بخش سبک و سنگین تقسیم گردند. بخش سنگین پس از حجم سنجی مجدد، توسط دو مغناطیس با شدتهای استاندارد به سه بخش غیر مغناطیس (NM)، مغناطیسی ضعیف (AV) و مغناطیسی قوی (AA) تقسیم شدند.

با مطالعه نمونه‌های کانی سنگین توسط میکروسکوپ بیناکولار، تعداد هر یک از ذرات کانی سنگین شمارش گردید که با دانستن وزن مخصوص نمونه رسوب و کانی سنگین و حجم سنجی، مقدار آنها بر حسب PPM محاسبه شد.

#### ۱) شستشوی نمونه:

هدف از این مرحله تغلیظ کانی‌های سنگین نمونه از جمله کانی‌هایی که دارای ارزش اقتصادی هستند به‌ویژه طلا می‌باشد.

اصولا شستشوی نمونه در سه مرحله انجام می‌پذیرد:

مرحله اول: مرحله گل شویی است که در آن ذرات به ابعاد رس از نمونه خارج می‌شوند در این مرحله باید توجه داشت که ذرات طلا به علت خاصیت جذب سطحی روی آب قرار نگرفته و همراه گل و لای خارج نشوند، این کار احتیاج به مهارت و دقت خاصی داشته و با حرکت آرام نمونه در یک طرف بزرگ می‌توان گل و لای را خارج نمود.

مرحله دوم: در این مرحله نمونه گل شویی شده را در لاوک فلزی (اغلب مسی) که مخصوص همین کار است می‌ریزیم، به منظور تغلیظ نمونه لاوک را در آب فرو برده و با تکان‌های آرام در جهت‌های مختلف و دوران ۳۶۰ درجه به آن کانی‌های سنگین در بخش زیرین لاوک جمع شده و ذرات سبک‌تر در بخش‌های سطحی قرار گرفته و با جریان آب از لاوک خارج می‌شوند.

مرحله سوم: در مرحله پایانی شستشو، نمونه باقی‌مانده در داخل پن کوچک ریخته و باز هم با حرکت دادن و چرخش پن در جهات مختلف به علت نیروی گریز از مرکز کانی‌های سنگین‌تر در داخل گودی پن قرار می‌گیرند و کانی‌های سبک‌تر توسط آب از داخل پن خارج می‌شوند، سپس نمونه را به دقت داخل روزنامه که بیشتر شماره شده خالی و به کیسه نایلونی منتقل می‌شود.

قابل توجه اینکه تمامی این مراحل توسط تکنسین مجرب و کار آزموده که سالها تجربه این کار را دارد با دقت خاصی انجام می‌گردد. درضمن تمامی پروسه زیر نظر کارشناس زمین‌شناسی کنترل کیفیت می‌شود.

پس از لاوک‌شویی و خشک کردن هر نمونه نوبت به مرحله برموفرم گیری می‌رسد که این کار خود در چند مرحله انجام می‌گردد:

## ۲) حجم‌سنجی:

در این مرحله ابتدا حجم نمونه کانی‌سنگین پس از لاوک‌شویی توسط استوانه مدرج اندازه گرفته می‌شود، در واقع این اندازه فاز B یا Panned Volume و برحسب سی سی می‌باشد و همین حجم نمونه برای ریختن در برموفورم مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار حجم نمونه در فرم مخصوص ثبت می‌گردد.

## ۳) برموفرم گیری:

برموفرم یا مایع سنگین به علت چگالی  $2/89$  سبب جدایش کانی‌های سنگین از سبک می‌شود. پس از خارج کردن نمونه از دکانتور برای زدودن آغشتگی برموفرم نمونه را با استون مورد شستشو قرار می‌دهیم و سپس سنجش دقیق حجم نمونه کانی سنگین باقی‌مانده از برموفرم را در فرم مربوطه ثبت می‌گردد در واقع فاز C یا Studu Volume می‌باشد.

## ۴) مگنت گیری:

در این مرحله جدایش مغناطیسی کانی‌های سنگین به وسیله دو عدد آهن‌ریبا با بار مغناطیسی متفاوت صورت می‌گیرد، بدین ترتیب نمونه از نظر ویژگی مغناطیسی به سه بخش تفکیک می‌گردد. فراکسیون با خاصیت مغناطیسی قوی AA، فراکسیون با خاصیت مغناطیسی متوسط AV و بخش فاقد خاصیت مغناطیسی NM که هرکدام جداگانه داخل تیوب نگهداری می‌شوند. کانی‌هایی که از نظر اقتصادی دارای

ارزش می‌باشند بیشتر در فاز NM ( فاز بدون خاصیت مغناطیسی) تجمع می‌یابند. از جمله طلا، کاستیریت، اسفالریت، پیرومورفیت و غیره.

### ۵-۳-۶- مطالعه نمونه‌های کانی سنگین

در این مرحله نمونه‌های آماده‌سازی شده بر اساس ویژگی‌های مخصوص کانی‌ها توسط میکروسکوپ بینوکولار مورد مطالعه قرار می‌گیرد. البته در برخی موارد از روش‌های مختلف میکروشیمی به‌عنوان ابزار کمکی برای مطالعه و شناسایی دقیق کانی‌های سنگین نیز استفاده می‌شود.

نمونه‌ها پس از آماده‌سازی در سه تیوب جداسازی می‌شوند که این جداسازی بر اساس شدت خاصیت مغناطیسی می‌باشد (AA با خاصیت مغناطیسی شدید، AV با خاصیت مغناطیسی متوسط و NM بدون خاصیت مغناطیسی) از جمله کانی‌هایی که در این مرحله مورد جداسازی قرار می‌گیرند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

AA : مگنتیت، پیروتیت، تیتانومگنتیت و .....

AV : ایلمنیت، کرومیت، اسپینل و .....

NM : زیرکن، روتیل، آنتاز، انواع کانی‌های مس، سرب، روی و .....

۱- تشخیص انواع کانی‌ها در زیر میکروسکوپ بینوکولار با استفاده از خواص فیزیکی آنها مانند رنگ، جلا، سختی، سیستم تبلور و نیز آزمایش‌های میکروشیمی انجام می‌گیرد.

۲- آزمایش‌های میکروشیمی شامل انجام آزمایش‌های مختلف شیمیایی بر روی کانی‌ها برای تعیین نوع عنصر موجود در فرمول شیمیایی کانی و در نهایت برای تشخیص نام کانی صورت می‌گیرد.

۳- همچنین از دستگاه U.V (Ultra Violet) نیز برای تشخیص انواع کانی‌هایی که نسبت به اشعه ماورای بنفش واکنش دارند استفاده می‌شود که از جمله می‌توان به شلیت نام‌برد که حاوی تنگستن می‌باشد.

۴- از مطالعه کانی‌سنگین برای تشخیص و تعیین مقدار طلا در رسوبات آبرفتی و نمونه‌های سنگی خردایش شده استفاده می‌شود که شامل اطلاعات زیر می‌باشد:

(الف) تعیین قطر ذرات طلا

(ب) میزان گرد شدگی ذرات طلا

(پ) شکل دانه و تعداد ذرات طلا در یک نمونه

از موارد ذکر شده می‌توان برای بررسی فاصله ذرات طلا از منبع اولیه و میزان حمل شدگی آنها استفاده نمود.

برای تعیین قطر دانه‌ها از روش‌های مختلف می‌توان استفاده نمود که مهم‌ترین آنها تعیین ابعاد ذرات (طول، عرض و ضخامت) توسط میکرومتر است.

بر اساس میزان حمل شدگی ذرات طلا می‌توان آنها را به انواع زاویه‌دار، نیمه‌گرد شده، گرد شده و کاملاً گرد شده تقسیم‌بندی نمود.

شکل دانه‌ها را نیز می‌توان تا حدودی به‌دست آورد که بر اساس شکل‌های رشته‌ای، دانه‌ای، ورقه‌ای و یا اسفنجی تقسیم می‌شوند.

با تعیین نسبت اندازه‌های AA، AV و NM و با استفاده از فرمول زیر (ف.آزم ۱۳۶۴) میزان گرم در تن (ppm) کانی‌ها در یک نمونه کانی‌سنگین مشخص می‌گردد.

$$G = x \cdot y \cdot b \cdot d \cdot 1000 / A \cdot C \cdot 2.5$$

برای تعیین عیار کانی‌ها برحسب گرم در تن، تمامی مراحل آماده‌سازی بر حسب حجم سنجی صورت می‌گیرد، به‌طوری‌که نمونه برداشت شده پیش از لاوک شویی حجم‌سنجی می‌گردد و کلیه مراحل بعدی نیز حجم‌سنجی گردیده و در نهایت با استفاده از فرمول بالا، حجم به وزن (گرم در تن) تبدیل می‌شود.

در فرمول بالا پارامترها عبارتند از:

$G$  = عیار هر کانی برحسب گرم در تن

$X$  = مقدار کانی مورد مطالعه زیر بینوکولار برحسب درصد

$Y$  = حجم کانی سنگین پس از عبور از برموفر

$b$  = مقدار رسوب باقی مانده از لاوک شویی

$d$  = چگالی کانی مورد مطالعه

$c$  = حجم انتخابی رسوب برای عبور از محلول برموفر

2.5 = چگالی میانگین رسوب رودخانه‌ای

$A$  = حجم کل نمونه برداشت شده در صحرا

### ۵-۳-۷- شرح نمونه‌های کانی سنگین برداشت شده در محدوده اکتشافی آوج

در این بخش اطلاعاتی از قبیل موقعیت و مختصات جغرافیایی نمونه، واحدهای سنگی واقع در بالادست نمونه، پدیده‌های زمین‌شناسی و دگرسانی‌های قابل توجه (در این مورد در بخش زمین‌شناسی اقتصادی توضیحات کاملتری داده شده است.)، نتیجه مطالعه نمونه‌ها و ... آورده شده است. در معرفی کانی‌ها، Pts بیانگر حضور کانی‌ها در حد 0.01ppm است.

#### نمونه 87-A1H

این نمونه در بخشهای باختری محدوده و در پایین دست معادن متروکه سنگ لاشه برداشت شده است. مختصات محل این نمونه  $3934370$  N و  $330420$  E می باشد. سنگ بالادست این نمونه شامل اسلیت، توف، آهک و توده نفوذی بازیک است. دگرسانی‌های هماتیتی، سیلیسی و آرژیلی در بالا دست این نمونه مشهود است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت

(pts) ، اولیژیست، لیمونیت، مارتیت (pts) ، گوتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت (pts)، روتیل ، باریت، اسفن (pts) ، آتاز (pts)، نیگرین (pts)، لوکوکسن (pts)، و پیرومورفیت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A2H

این نمونه نیز از بخشهای باختری محدوده برداشت شد. مختصات محل این نمونه  $3935606\text{N}$  و  $330763\text{E}$  می باشد. سنگ بالادست این نمونه اسلیت و توده نفوذی بازیگ است. آلتراسیونهای آرزیلی، سیلیسی و هماتیتهای واحدهای سنگی بالادست این نمونه را تحت تاثیر قرار داده اند. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، لیمونیت، اسپینل (pts) ، مارتیت (pts) ، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts) ، باریت، اسفن (pts) ، آتاز (pts) ، لوکوکسن، پیریت و گالن (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A3H

این نمونه از انتهای ترین نقطه باختری منطقه از محلی به مختصات  $3935279\text{N}$  و  $33076\text{E}$  برداشت شد. توضیحات نمونه شماره 87.A.2H برای این نمونه نیز مصداق دارد و تنها بر واحدهای سنگی آن آهک و آهک تخریبی و ماسه سنگ اضافه می شود. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت (pts)، لیمونیت ، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts) ، باریت، اسفن (pts) ، آتاز (pts) ، لوکوکسن (pts) و پیریت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A4H

این نمونه نیز همانند نمونه 87.A.3H از انتهای ترین بخشهای باختری منطقه برداشت شد. مختصات این نمونه  $3934850\text{N}$  و  $330100\text{E}$  است. سنگ بالادست این نمونه نیز شامل اسلیت ، توده نفوذی بازیگ، آهک تخریبی، و توف است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)، زیرکن، روتیل (pts) ، باریت، اسفن (pts) و لوکوکسن (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A5H

این نمونه از ۴۰۰ متری خاور معدن سنگ لاشه متروکه از محلی به مختصات  $3934623\text{ N}$  و  $331383\text{ E}$  برداشت شد. سنگ بالادست این نمونه اسلیت، توف، آهک تخریبی و توده های نفوذی بازیکی می باشد. در نزدیکی محل تماس توده با اسلیت یک زون سیلیسی و آلتره (آلتراسیون سیلیسی و هماتیتی) دیده می شود. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت (pts)، لیمونیت، پیرولوویت (pts)، زیرکن (pts)، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوسن و پیریت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A6H

این نمونه از ۵۰۰ متری خاور معدن سنگ لاشه متروکه از محلی به مختصات  $3934557\text{ N}$  و  $331446\text{ E}$  برداشت گردید. سنگ بالادست این نمونه شبیه نمونه ۵ می باشد. در بالادست این نمونه علاوه بر دگرسانی های سیلیسی و هماتیتی (که شدت آنها از حوضه نمونه ۵ کمتر است) یکسری رگه های نامنظم سیلیس دیده شده است.

در مطالعه این نمونه کانیهای کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، لیمونیت (pts)، مارتیت (pts)، کلریت، زیرکن، روتیل (pts)، باریت، اسفن، آنتاز (pts) لوکوسن (pts)، پیریت (pts) گالن (pts)، سروزیت، اسفالریت (pts)، کالکوپیریت (pts)، سرب خالص (pts) و ماسیکوت (pts) مشاهده شده است. در این میان مقادیر ایلمنیت قابل توجه تر از بقیه است. مقادیر بالای ایلمنیت احتمالاً در ارتباط با نفوذ توده های نیم ژرف بازیکی است.

#### نمونه 87-A7H

این نمونه در محلی به مختصات  $3934166\text{ N}$  و  $332061\text{ E}$  برداشت شد. سنگ بالادست این نمونه اسلیت، توف، آهک، آهک تخریبی و توده نفوذی بازیکی است. دگرسانیهای هماتیتی و سیلیسی در بالا

دست این نمونه مشهود است. همچنین رگه های سیلیسی با ضخامت تا ۴۰ سانتی متر و طول تا ۲۰ متر دیده می شود. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت ، ایلمنیت ، پیریت اکسید، لیمونیت (pts) ، مارتیت (pts) ، کلریت، زیرکن، روتیل (pts) ، باریت، اسفن (pts) ، آناتاز (pts) لوکوکسن (pts)، پیریت (pts) و استینیت (pts) مشاهده شده است. در این میان مقادیر ایلمنیت در حد قابل توجهی می باشد. میزان بالای ایلمنیت در این نمونه مربوط به نفوذ توده‌های بازیک است، به همین دلیل این توده‌ها مورد بررسی و نمونه برداری قرار گرفت که در بخش مربوطه در مورد آن توضیح داده خواهد شد.

#### نمونه 87-A8H

این نمونه در محلی به مختصات ۳۹۳۳۹۵۹ N و ۳۳۲۸۷۸ E برداشت شد. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت ، توف و توده نفوذی بازیک است. حوضه آبریز این نمونه نیز تحت تاثیر دگرسانیهای سیلیسی و هماتیتهای قرار گرفته است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت ، ایلمنیت ، پیریت اکسید، اولیژیست (pts) ، لیمونیت ، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts) ، باریت، اسفن (pts) ، آناتاز (pts) لوکوکسن (pts)، و پیریت (pts) مشاهده شده است. در این میان مقادیر ایلمنیت و لیمونیت قابل توجه تر از بقیه است. میزان بالای ایلمنیت مربوط به نفوذ توده بازیک و میزان بالای لیمونیت نیز مربوط به دگرسانی‌های اکسید آهن می‌باشد.

#### نمونه 87-A9H

این نمونه در محلی به مختصات ۳۹۳۳۵۸۱ N و ۳۳۴۱۱۵ E ، ۱/۷ کیلومتری باختر سلطان بلاغ برداشت شد . سنگ بالا دست این نمونه اسلیت ، توده نفوذی بازیک است. کانیهای مشاهده شده در این نمونه شامل مگنتیت ، هماتیت ، ایلمنیت ، پیریت اکسید، اولیژیست (pts) ، گوتیت (pts) ، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts) ، آناتاز (pts) ، لوکوکسن (pts)، و پیریت (pts) دیده شده است.

#### نمونه 87-A10H

این نمونه در باختر سلطان بلاغ از محلی به مختصات  $3934015\text{ N}$  و  $334392\text{ E}$  برداشت شد. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت و توده نفوذی بازیک است. دگرسانی سیلیسی و هماتیتی در بالا دست این نمونه مشهود است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید (pts)، لیمونیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آاناتاز (pts)، لوکوکسن (pts)، و پیریت (pts) گالن، سروزیت (pts)، اسفالریت (pts)، ماسیکوت (pts)، استینیت (pts) مشاهده شده است. در این میان مقادیر ایلمنیت و گالن در حد قابل توجه وجود دارند.

کانه‌زایی گالن می‌تواند در ارتباط با سیالات گرمابی باشد که در اثر نفوذ توده‌های نفوذی در سنگ میزبان سبب سیلیسی شدن و ایجاد دگرسانی در آن شده است. اما نکته مهم این که این کان‌زایی مذکور بسیار ضعیف و بدون هیچ رخنمونی بوده، به‌طوری‌که در بررسی‌های صحرایی نیز آثاری از کان‌زایی سرب به‌دست نیامده است.

#### نمونه 87-A11H

این نمونه در باختر سلطان بلاغ از محلی به مختصات  $3933963\text{ N}$  و  $334917\text{ E}$  برداشت شد. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت و توده نفوذی بازیک است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، لیمونیت، اسپینل (pts)، مارتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آاناتاز (pts)، لوکوکسن (pts)، گالن (pts)، سرب خالص (pts)، ماسیکوت و مس خالص مشاهده شده است. در این میان مقادیر ایلمنیت قابل توجه‌تر از سایر کانیها است.

#### نمونه 87-A12H

این نمونه در شمال باختر سلطان بلاغ از محلی به مختصات  $3933999\text{ N}$  و  $335404\text{ E}$  برداشت شد. واحدهای سنگی بالا دست این نمونه اسلیت و توده نفوذی بازیک و توف است. در این حوضه نیز

دگرسانی‌های سیلیسی و اکسید آهن مشهود است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت، اولیژیست (pts)، لیمونیت، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن، آاناتاز (pts)، نیگرین (pts)، لوکوکسن و پیریت (pts)، گالن، سروزیت، اسفالریت (pts) پیرومورفیت، ماسیکوت و استینیت مشاهده شده است. در این میان کانیهای ایلمنیت، پیریت اکسید، گالن، سروزیت، پیرومورفیت و ماسیکوت در حد قابل توجهی دیده می‌شود. اگرچه در نمونه‌های کانی‌سنگین مقادیر قابل توجهی کانی‌های سرب‌دار دیده شده است. علی‌رغم وجود دگرسانی‌های سیلیسی و اکسید آهن‌دار و حضور رگه باریت در ۲ کیلومتری خاور این حوضه با وجود پیمایش‌های انجام شده آثاری از کانه‌زایی سرب به چشم نمی‌آید. شایان ذکر است که این حوضه به همراه چند حوضه مهم دیگر توسط ناظر محترم پروژه نیز مورد بازدید قرار گرفت.

#### نمونه 87-A13H

این نمونه در خاور سلطان بلاغ از محلی به مختصات  $39^{\circ}33'60''$  N و  $33^{\circ}66'20''$  E برداشت گردید. واحدهای سنگی بالا دست این نمونه اسلیت و توده نفوذی بازیگ است. واحدهای اسلیتی تحت تاثیر دگرسانیهای هماتیسی سیلیسی قرار گرفته‌اند. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، اولیژیست (pts)، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آاناتاز، نیگرین (pts)، لوکوکسن، پیریت (pts) و اسفالریت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A14H

این نمونه در خاور - شمال خاوری سلطان بلاغ از محلی به مختصات  $39^{\circ}33'80''$  N و  $33^{\circ}78'46''$  E برداشت شد. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت و توف است. واحدهای توفی تحت تاثیر دگرسانی آرژیلی و هماتیسی

قرار گرفته است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت ، ایلمنیت ، پیریت اکسید ، لیمونیت ، گوتیت (pts) ، زیرکن ، آپاتیت ، روتیل (pts) ، باریت ، اسفن (pts) ، آاناتاز (pts) ، لوکوکسن ، پیریت (pts) ، گالن (pts) ، سروزیت (pts) ، اسفالریت (pts) و استینیت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A15H

این نمونه از محلی به مختصات  $33^{\circ}47'04''$  N و  $33^{\circ}45'15''$  E برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت ، شیست و توف می باشد. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت ، ایلمنیت ، پیریت اکسید ، اولیژیست (pts) ، لیمونیت ، پیرولوسیت (pts) ، گوتیت (pts) ، زیرکن ، آپاتیت ، روتیل (pts) ، باریت ، اسفن (pts) ، آاناتاز (pts) ، لوکوکسن (pts) ، پیریت ، سروزیت (pts) گالن و اسفالریت در حد قابل توجه مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A16H

این نمونه از محلی به مختصات  $33^{\circ}47'46''$  N و  $33^{\circ}43'43''$  E برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت و توف است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت ، ایلمنیت ، پیریت اکسید ، اولیژیست (pts) ، لیمونیت ، مارتیت (pts) ، زیرکن ، آپاتیت ، روتیل ، باریت ، اسفن (pts) ، آاناتاز (pts) ، لوکوکسن ، پیریت ، سرب خالص (pts) و استینیت (pts) دیده شده است.

#### نمونه 87-A17H

این نمونه از محلی به مختصات  $33^{\circ}52'01''$  N و  $33^{\circ}43'30''$  E برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت و توده نفوذی بازیک است. دگرسانیهای آرژیلی ، هماتی و سیلیسی در این حوضه مشهود است.

در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت ، ایلمنیت ، پیریت اکسیده ، لیمونیت، گوتیت (pts)، زیرکن ، آپاتیت، روتیل (pts) ، باریت، اسفن (pts) ، آنتاز (pts) ، نیگرین (pts) ، لوکوکسن (pts) ، پیریت (pts) ، پیرومورفیت (pts) و استینیت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A20H

این نمونه در جنوب باختر آوج از محلی به مختصات  $3936316\text{ N}$  و  $336933\text{ E}$  برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت، شیست و توده نفوذی می‌باشد. در کف آبراهه قطعات حاوی دگرسانی شدید هماتی و سیلیسی دیده شده است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، لیمونیت ، پیرولوسیت (pts) ، گوتیت (pts) ، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts) ، باریت، اسفن (pts) ، آنتاز (pts) ، لوکوکسن، پیریت ، گالن، سروریت (pts) و اسفالریت (pts) دیده شده است. در این میان کانیهای پیریت اکسید، باریت و گالن از مقادیر قابل توجهی برخوردار است. وجود پیریت اکسید در نمونه‌های کانی سنگین و مشاهده دگرسانی شدید اکسید آهن بیانگر یک مرحله پیریت‌زایی در این منطقه است که بعدها در اثر فرآیندهای ثانویه این پیریت‌ها، تخریب و اکسید شدند.

#### نمونه 87-A21H

این نمونه در شمال باختر محدوده از محلی به مختصات  $3938837\text{ N}$  و  $330920\text{ E}$  برداشت شد. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت، با میان لایه های ماسه سنگ، هورنفلس و توده نفوذی بازیکی می باشد. در محل تماس توده نفوذی با واحدهای دگرگونه، تشکیل هورنفلس به وضوح دیده می شود. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت ، لیمونیت ، اولیژیست (pts) ، گوتیت (pts) ، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts) ، اسفن (pts) ، آنتاز (pts) ، پیریت ، گالن (pts) و اسفالریت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A22H

این نمونه در شمال باختر محدوده از محلی به مختصات  $39^{\circ}38'30.4''$  N و  $33^{\circ}15'35''$  E برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت با میان لایه های ماسه سنگ و توده نفوذی بازیک می باشد. در داخل واحدهای اسلیتی دگرسانی ضعیف هماتی و سیلیسی مشهود است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، لیمونیت، زیرکن (pts)، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوکسن (pts)، پیریت، سروزیت، (pts) و استینیت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A23H

این نمونه در شمال باختر محدوده از محلی به مختصات  $39^{\circ}38'32.5''$  N و  $33^{\circ}26'17''$  E برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت، توف، واحدهای ولکانیکی متوسط - بازیک و توده نفوذی بازیک است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید (pts)، لیمونیت (pts)، پیرولوسیت (pts)، زیرکن (pts)، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، آنتاز (pts)، لوکوکسن (pts)، پیریت (pts) و استینیت (pts) دیده شده است.

#### نمونه 87-A24H

این نمونه در جنوب باختر پروان از محلی به مختصات  $39^{\circ}37'8.4''$  N و  $33^{\circ}32'9.4''$  E برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت، توف، واحدهای ولکانیکی متوسط - بازیک و توده نفوذی بازیک است. این حوضه تحت تاثیر دگرسانی شدید اکسید آهنی قرار گرفته است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت (pts)، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)، گوتیت (pts)، زیرکن (pts)، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوکسن (pts)، پیریت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A25H

این نمونه در جنوب باختر پروان از محلی به مختصات  $3936745\text{ N}$  و  $332767\text{ E}$  (در بالا دست نمونه 24) برداشت گردید. واحد سنگی بالا دست این نمونه اسلیت، توده نفوذی بازیگ است. کانیهای مشاهده شده در این نمونه شامل مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت، اولیژیست، لیمونیت، پیرولوسیت، گوتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، نیگرین (pts)، لوکوکسن، پیریت، فلوریت (pts) و استینیت (pts) می‌باشد.

#### نمونه 87-A26H

این نمونه در جنوب - جنوب باختر پروان از محلی به مختصات  $3937761\text{ N}$  و  $333715\text{ E}$  برداشت گردید. کانی‌های دیده شده در این نمونه شامل مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، اولیژیست (pts)، لیمونیت، مارتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوکسن (pts)، پیریت، گالن (pts) و سروزیت (pts)، ماسیکوت (pts) و استینیت (pts) می‌باشد.

#### نمونه 87-A27H

این نمونه در جنوب پروان از محلی به مختصات  $3936920\text{ N}$  و  $334100\text{ E}$  برداشت گردید. کانی‌های دیده شده در این نمونه شامل مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت، لیمونیت (pts)، اولیژیست (pts)، لیمونیت، اسپینل (pts)، گوتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت (pts)، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوکسن، پیریت و گالن (pts)، سروزیت (pts)، اسفالریت (pts)، پیرومورفیت (pts) و ماسیکوت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A28H

این نمونه در جنوب پروان از محلی به مختصات  $3936742\text{ N}$  و  $334533\text{ E}$  برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت، توف و توده نفوذی بازیگ است. دگرسانی آرژیلی و هماتیتی این حوضه را تحت

تاثیر قرار داده است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت (pts)، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)، گوتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آاناتاز (pts)، لوکوکسن (pts)، پیریت ، گالن (pts)، سروزیت (pts)، اسفالریت (pts)، ماسیکوت (pts) و استینیت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A29H

این نمونه در جنوب- جنوب خاور پروان از محلی به مختصات  $39^{\circ}36'66''N$  و  $70^{\circ}2'48''E$  برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت با میان لایه‌های ماسه سنگ و توده نفوذی بازیگ است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت (pts)، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آاناتاز (pts)، لوکوکسن و پیریت مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A30H

این نمونه در جنوب باختر آوج از محلی به مختصات  $39^{\circ}36'95''N$  و  $70^{\circ}2'20''E$  برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت، شیسست با میان لایه های ماسه سنگ است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، اولیژیست (pts)، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)، گوتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آاناتاز (pts)، نیگرین (pts)، لوکوکسن، پیریت (pts)، استینیت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A31H

این نمونه در جنوب باختر آوج از محلی به مختصات  $33^{\circ}14'50''$  E و  $39^{\circ}37'24''$  N برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت و شیست است. وجود قطعات حاوی اکسید آهن (به صورت دگرسانی و رگه - رگچه) بیانگر دگرسانی اکسید آهن در حوضه بالا دست آن است. کانیهای مشاهده شده در این نمونه شامل مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، اولیژیست (pts)، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)، مارتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوکسن (pts) می باشد.

#### نمونه 87-A32H

این نمونه در جنوب باختر آوج از محلی به مختصات  $33^{\circ}16'33''$  E و  $39^{\circ}36'50''$  N برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت، شیست و توده نفوذی بازیگ است. واحدهای دگرگونه تحت تاثیر دگرسانی آرژیلی، هماتی و سیلیسی قرار گرفته است. کانیهای مشاهده شده در این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، اولیژیست (pts)، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)، مارتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز، نیگرین (pts)، لوکوکسن و پیریت (pts) می باشد. مقدار ایلمنیت در این نمونه قابل توجه تر از سایر کانیها می باشد.

#### نمونه 87-A33H

این نمونه در جنوب - جنوب خاور آوج از محلی به مختصات  $33^{\circ}16'23''$  E و  $39^{\circ}36'15''$  N برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه اسلیت، توف، آهک، آهک تخریبی و توده نفوذی بازیگ است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید (pts)، لیمونیت، مارتیت (pts)، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، نیگرین (pts)، لوکوکسن (pts)، پیریت (pts)، اسفالریت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A34H

این نمونه از محلی به مختصات  $3933194\text{ N}$  و  $339516\text{ E}$  برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه شامل ولکانیکهای اسیدی - متوسط، توف و کنگلومرا است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، اولیژیست (pts)، لیمونیت، مارتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوکسن (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A35H

این نمونه در جنوب خاور آوج از محلی به مختصات  $3936975\text{ N}$  و  $340321\text{ E}$  برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه آهک، مارن، ماسه سنگ و کنگلومرا می باشد. کانیهای مشاهده شده در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، اولیژیست (pts)، لیمونیت، مارتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت، روتیل، باریت، اسفن، آنتاز (pts)، لوکوکسن (pts)، پیریت (pts) می باشد.

#### نمونه 87-A36H

این نمونه در جنوب باختر چوبینه از محلی به مختصات  $3935232\text{ N}$  و  $340878\text{ E}$  برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه شامل ولکانیکهای اسیدی - متوسط، کنگلومرا و آهک است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، لیمونیت، پیرولوسیت، مارتیت (pts)، زیرکن، آپاتیت (pts)، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوکسن (pts) و پیریت (pts) مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A37H

این نمونه در باختر - جنوب باختر چوبینه از محلی به مختصات  $3935175\text{ N}$  و  $341000\text{ E}$  برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه شامل ولکانیکهای اسیدی - متوسط، کنگلومرا و آهک است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید و الیژیست (pts)، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)،

مارتیت (pts)، گوتیت (pts)، زیرکن ، آپاتیت (pts)، روتیل (pts)، باریت ، اسفن (pts)، آنتاز (pts) و لوکوکسن مشاهده شده است.

#### نمونه 87-A38H

این نمونه در شمال خاوری خروس دره از محلی به مختصات  $39^{\circ}34'17''$  N و  $33^{\circ}48'10''$  E برداشت گردید. سنگ بالا دست شامل ولکانیک متوسط ، بازیک و کنگلومرا و آهک است. کانیهای مشاهده شده در این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت (pts) ، پیریت اکسید (pts)، لیمونیت ، پیرولوسیت (pts)، مارتیت (pts)، گوتیت (pts) ، زیرکن، آپاتیت ، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوکسن (pts) می باشد.

#### نمونه 87-A39H

این نمونه نیز در شمال خاور خروس دره از محلی به مختصات  $39^{\circ}33'42''$  N و  $33^{\circ}49'40''$  E برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه مشابه نمونه 38 است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت ، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید (pts)، لیمونیت ، اسپینل (pts)، مارتیت، زیرکن، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، پیریت و استیبنیت (pts) مشاهده شده است. در این نمونه مقادیر هماتیت و مارتیت قابل توجه است.

#### نمونه 87-A40H

این نمونه در شمال- شمال خاور خروس دره از محلی به مختصات  $39^{\circ}34'16''$  N و  $33^{\circ}49'50''$  E برداشت گردید. سنگ بالا دست این نمونه شامل ولکانیکهای متوسط - بازیک و آهک است. در مطالعه این نمونه کانیهای مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسید، پیریت لیمونیت (pts)، لیمونیت، پیرولوسیت (pts)،

زیرکن (pts)، آپاتیت، روتیل (pts)، باریت، اسفن (pts)، آنتاز (pts)، لوکوکسن و پیریت (pts) مشاهده شده است.

فهرست کامل کانی‌های مشاهده شده در مطالعه نمونه‌های کانی سنگین در پیوست آورده شده است.

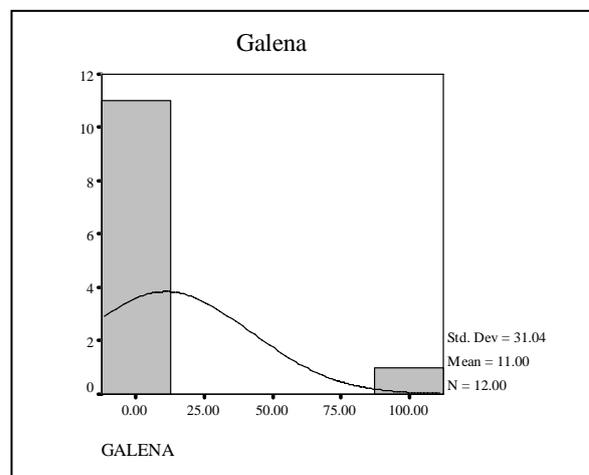
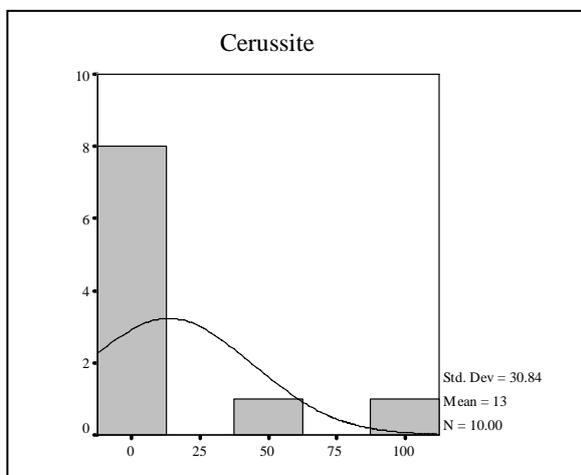
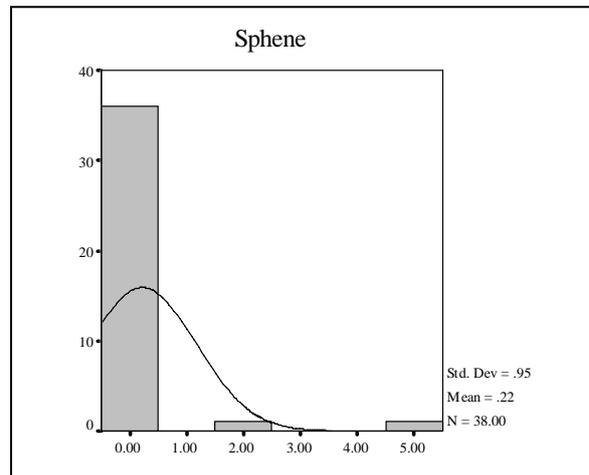
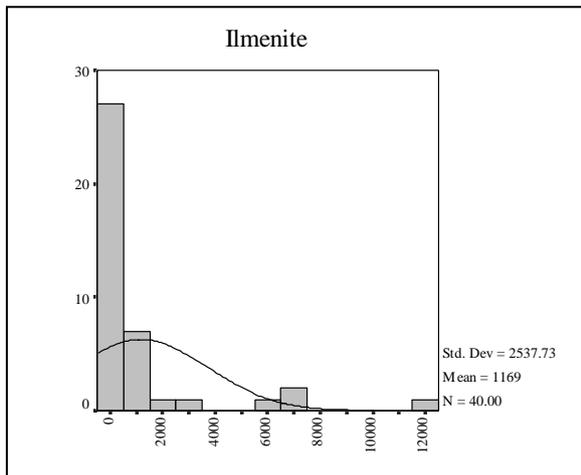
همانطور که در متن آورده شد و در جدول پیوست نیز نشان داده شده است، تنها کانی‌های قابل توجه در نمونه‌های این منطقه ایلمنیت و کانی‌های سرب است. منشأ ایلمنیت در این منطقه توده‌های نفوذی بازیک است، بطوریکه در مقاطع نازک برخی از نمونه‌های برداشت شده از این توده‌ها تا حدود ۱۰ درصد ایلمنیت مشاهده شده است. از این توده‌ها نیز تعداد ۴ نمونه جهت آنالیز برداشته شد. توضیح در مورد این نمونه‌ها در بخش‌های انتهایی زمین‌شناسی اقتصادی آورده شده است. در مورد کانی‌های سرب‌دار لازم به ذکر است که علی‌رغم پی‌جویی‌های بسیار آثار قابل توجهی از این کانه‌زایی یافت نشده است. اما با توجه به کانه‌زایی‌های رخ داده شده در واحدهای دگرگونه مشابه این منطقه در مناطق اراک و همدان احتمال حضور این نوع کانه‌زایی‌ها در این منطقه دور از ذهن نمی‌باشد. بنابراین توجه به نتایج مطالعه نمونه‌های کانی سنگین و کانی‌های مشاهده شده جهت تصمیم‌گیری برای مرحله بعد حائز اهمیت است. نقشه پراکندگی کانی‌ها در نمونه‌های کانی سنگین در صفحه بعد آورده شده است.

#### ۵-۴- ترسیم هیستوگرام کانی‌های سنگین مشاهده شده در مطالعه نمونه‌ها

از آنجا که تعداد مشاهدات کانی‌های سنگین در نمونه‌ها اندک و بسیار نامنظم می‌باشد، لذا این داده‌ها ارزش مطالعات آماری نداشته و کار خاصی نمی‌توان روی آن انجام داد. بر این اساس مفیدترین عملیات آماری که می‌توان روی داده‌های این منطقه انجام داد، ترسیم هیستوگرام آنها است (البته همه کانی‌ها نیز هیستوگرام قابل قبولی ندارند). هیستوگرام برخی از کانی‌ها در صفحه بعد نشان داده شده است.

همانطوریکه مشاهده می‌شود برای ۲۷ کانی هیستوگرام ترسیم شده است. مشاهده این هیستوگرام‌ها نشان می‌دهد که به لحاظ آماری این هیستوگرام‌ها ارزش یکسانی ندارند و این قضیه به تعداد مشاهده هریک از

کانی‌ها مربوط می‌شود به طوری که هرچه تعداد این مشاهدات بیشتر باشد ارزش آماری هیستوگرام مربوطه بیشتر خواهد بود. در این میان کانی‌هایی از جمله ماسیکوت، پیرومورفیت، اسفالریت، آنتاز، مارتیت، پیرولوئیت، اولیژیست، بیوتیت و گارنت تنها برای نمایش آورده شده‌اند، به طوری که هیستوگرام آنها به لحاظ آماری چندان حائز اهمیت نمی‌باشند؛ بسیاری از این کانی‌ها حتی قابلیت ترسیم و نمایش را نیز دارا نداشتند.



#### ۵-۵- تعبیر و تفسیر؛ و نتیجه مطالعات کانی سنگین و هیستوگرام آنها

همانطوریکه از جدول داده‌های کانی سنگین و از هیستوگرام آنها برمی‌آید، مطالعه این نمونه‌ها بیانگر حضور ضعیفی از کانی‌های فلزی در آنها می‌باشد. به‌طوریکه بسیاری از آنها چندان حائز اهمیت و قابل بحث در این نوشتار نمی‌باشند و در این میان تنها کانی‌های سرب‌دار، ایلمنیت و کانی‌های ثانویه آهن قابل توجه هستند که در ذیل توضیحاتی در مورد آنها داده خواهد شد:

در مورد کانی‌های آهن‌دار قابل ذکر است که تنها کانی‌های حائز اهمیت از این نوع، کانی‌های ثانویه آهن‌دار به‌ویژه هماتیت و لیمونیت است. مگنتیت در این نمونه از میزان کمی برخوردار است. حضور کانی‌های آهن‌دار ثانویه را می‌توان به فعالیت‌های هیدروترمال و دگرسانی‌های اکسید آهنی نسبت داد که در بسیاری از نقاط محدوده مورد مطالعه، قابل مشاهده است.

در بررسی کانی‌های تیتان‌دار با نگاه به هیستوگرام این کانی‌ها و مقدار آنها نتیجه می‌گیریم که عمده پراکندگی تیتان در منطقه مربوط به تشکیل کانی ایلمنیت است. این کانی دارای چولگی شدید مثبت در هیستوگرام خود بوده و مقدار آن تا ۱/۲٪ نیز مشاهده شده است. دیگر کانی‌های تیتان‌دار از جمله آناتاز، روتیل، اسفن و لوکوکسن به مقدار کم (حداکثر تا ۴۲ ppm) در نمونه‌های کانی سنگین مشاهده شده‌اند. بنابر می‌توان چنین نتیجه گرفت که وجود عنصر تیتان در این منطقه مرتبط با کانه‌زایی ایلمنیت موجود در سنگ‌های گابرویی است. این مطلب نتیجه نمونه‌برداری از واحدهای گابرویی و مطالعه مقاطع آنها و همچنین آنالیز این نمونه‌ها است. بر این اساس لازم است تا برای اکتشاف تیتان در سنگ‌های بازیک یک مرحله عملیات اکتشافی طراحی و اجرا گردد.

**کانی‌های سرب‌دار:** به‌طور کلی کانی‌های سرب‌دار در ۱۸ نمونه مشاهده شده‌اند که مقدار آنها در ۱۳ نمونه در حد pts و در ۵ نمونه در حد قابل توجه می‌باشد. در واقع کانی‌های سرب‌دار از آنومالی‌هایی با شدت زیاد و وسعت اندک برخوردار است از جمله در نمونه شماره ۱۲ مقادیر قابل توجهی از کانی‌های گالن، سروزیت، پیرومورفیت و ماسیکوت را در خود جای داده است. وجود این مقدار کانی‌های سرب‌دار در این

نمونه یک راهنمای اکتشافی با ارزش محسوب می‌شود که نباید آنها را از نظر دور داشت. علی‌رغم اینکه با پی‌جویی‌های انجام شده در این مرحله، رخنمونی از کانه‌زایی سرب مشاهده نشده است.

**کانی استیبنیت:** در حد pts و در ۱۳ نمونه به‌طور پراکنده دیده شده است. که می‌تواند مرتبط با دگرسانی‌های هیدروترمال موثر در منطقه باشد. البته این وقایع قادر به رخداد یک کانه‌زایی متمرکز و با ارزش از این کانی نبوده است.

**پیریت اکسیده:** وجود این کانی در تعداد قابل توجهی از نمونه‌ها و به‌مقدار زیاد، بیانگر پیریت‌زایی اولیه وسیع در منطقه می‌باشد که در اثر تغییر شرایط زمین‌شناسی و حاکمیت محیط اکسیدان، بخش قابل توجهی از آنها دگرسان، تخریب و تبدیل به پیریت اکسیده شده است. همچنین دگرسانی‌های اکسید آهن را نیز می‌توان مرتبط با این رخداد دانست.

**اسفالریت:** این کانی تنها در یک نمونه در حد قابل توجه است که در این نمونه در حد pts قابل مشاهده است.

**کالکوپیریت:** این کانی تنها در دو نمونه در حد pts مشاهده شده است.

دیگر کانی‌های فلزی حضور قابل ذکر نداشته‌اند و یا اصلاً دیده نشده‌اند. توجه به کانی‌های گارنت و اپیدوت با توجه به نفوذ توده‌های نفوذی در داخل سنگ‌های رسوبی، برای بررسی وضعیت اسکارن‌زایی در منطقه دارای اهمیت می‌باشد. هرچند وجود این کانی‌ها به‌مقدار اندک و جمع‌بندی نتایج مقایسه آن با مشاهدات صحرایی وجود یک زون اسکارن قوی را تایید نمی‌نماید.

## ۶- بررسی‌های زمین‌شناسی اقتصادی در منطقه مورد مطالعه

هم‌زمان با برداشت نمونه‌های کانی سنگین و بررسی‌های زمین‌شناسی در منطقه، اقدام به بررسی‌های زمین‌شناسی اقتصادی و مطالعات پتانسیل یابی معدنی نیز شد.

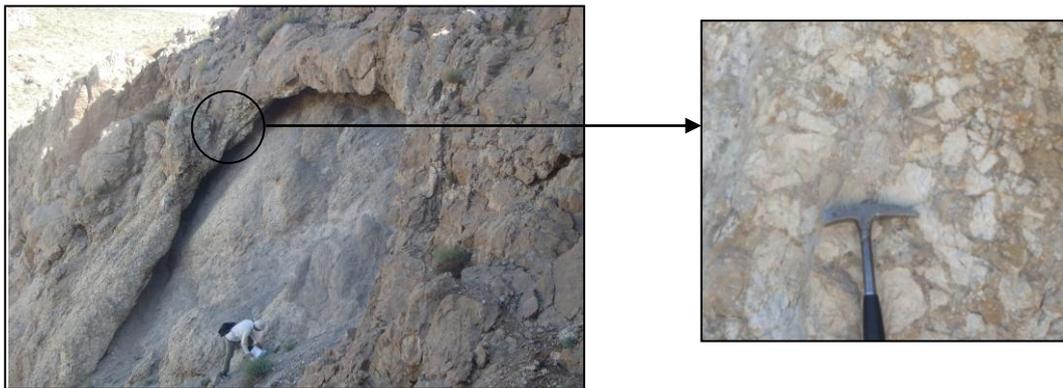
برای انجام این مرحله از کار مواردی از جمله دگرسانی، وجود کانه‌زایی احتمالی، نفوذ توده‌های آذرین و تاثیر آن بر سنگ میزبان، وجود رگه‌های مرتبط با کانه‌زایی احتمالی و هر پدیده دیگر مرتبط با کانه‌زایی مورد توجه قرار گرفت و در مواقع لازم اقدام به برداشت نمونه از محل‌های مناسب گردید.

در مورد پتانسیل معدنی و کارهای معدنی انجام شده نیز لازم به ذکر است که بجز دو محدوده سنگ لاشه که هم اکنون نیز متروکه می‌باشد، هیچگونه فعالیت معدنی در منطقه صورت نگرفته است. در بررسی‌های صحرایی انجام شده نیز آثار خاصی از کانه‌زایی فلزی بدست نیامد. وقایع مرتبط با زمین‌شناسی اقتصادی این منطقه تنها به دگرسانی‌های سیلیسی - هماتیستی و گاه آرژیلی و حضور تعدادی رگه سیلیسی ختم می‌شود که بطور عمده اطراف توده‌های نفوذی رخنمون قابل توجه‌تری دارند. در واقع این دگرسانی‌ها نتیجه نفوذ توده‌های متوسط - بازیک موجود در منطقه در سنگهای دگرگونه اسلیتی می‌باشد. نتیجه این نفوذ و تاثیر عملکرد محلول‌های گرمابی ناشی از آن در اطراف توده، دگرسانی‌های شدیدتر هماتیستی همراه با دگرسانی سیلیسی و تشکیل رگه‌های سیلیسی را سبب شده و در فواصل دورتر از توده و در سطح قابل توجهی از منطقه دگرسانی خفیف هماتیستی (بیشتر به صورت رگه - رگچه و موازی با سطوح شیستوزیته) را سبب شده است. وجود این دگرسانی‌های سیلیسی - هماتیستی در اطراف توده‌ها می‌تواند از نظر وجود کانه‌زایی طلا حائز اهمیت باشد. به همین منظور در جاهایی که این دگرسانی‌ها در حد چشمگیری وجود داشتند، اقدام به نمونه برداری و برداشت‌های صحرایی گردید. با توجه به اینکه در مطالعات صحرایی و بررسی‌های چکشی آثار خاصی از کانه‌زایی پیدا نشد، بنابراین توجه به نتایج مطالعه نمونه‌های کانی سنگین حائز اهمیت می‌باشد و برای مطالعات اکتشافی در این محدوده باید به آنها استناد کرد.

مشاهدات زمین‌شناسی اقتصادی در بخش‌های مختلف محدوده مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

### ۶-۱- بالادست نمونه کانی سنگین شماره 87.A.1:

در محلی به مختصات  $33^{\circ}08'58'' E$  و  $39^{\circ}34'63'' N$  یک ترانسه مربوط به یک معدن متروکه که برای استخراج سنگ لاشه باز شده بود مشاهده می‌شود. واحدهای سنگ شناسی اصلی در این محل شامل سنگ آهک سازند قم و توده نفوذی دیوریتی می‌باشد، در واقع شاهد نفوذ توده نفوذی در واحد آهکی قم می‌باشیم که سبب ایجاد دگرگونی حرارتی در سنگ آهک و تبلور و درشت بلور شدن آن شده است. نکته جالب توجه دیگر مشاهده برش هیدروترمالی در محل تماس توده با سنگ آهک است، که ایجاد این برش نتیجه فشار هیدروستاتیک بالا در بخشهای بالایی توده است که سبب خرد شدگی در این سیستم و ایجاد برش شده است. قطعات تشکیل دهنده این برش توده دیوریتی مذکور و سنگ آهک است. آثار دگرسانی آرژیلی در قطعات آذرین و همچنین در سیمان برش به وضوح قابل تشخیص است. تصویر شماره ۲۱ نمایی از این پدیده را نشان می‌دهد. در مورد کانه زایی در این محل، چیزی که جلب توجه می‌نماید حضور قطعات سنگی بزرگ برشی حاوی قطعات و رگچه‌های هماتیت، پیریت اکسید است.



تصویر شماره ۲۱: نمایی از محل تماس توده با سنگ آهک که سبب برشی شدن سنگ آهک شده است

همچنین در پای واریزه‌ها قطعات حاوی کانه‌زایی مس دیده می‌شود که نمایی از آن در تصویر شماره ۲۲ دیده می‌شود. پی‌جویی برای پیدا کردن محل اصلی این کانه‌زایی بی‌نتیجه ماند و کانی‌زایی به صورت برجا در این محل دیده نشد.



تصویر شماره ۲۲: نمایی از نمونه حاوی کانه‌زایی مس، مشاهده شده در کف آبراهه

عامل اصلی تجمع کانیهای فلزی به‌ویژه پیریت در این محل وجود مواد آلی در سنگ آهک بوده که بعنوان یک سد شیمیایی عمل کرده و سبب تجمع پیریت و کانی‌های فلزی دیگر شده است. در مجموع علی‌رغم مشاهده پدیده‌های قابل توجه که پاره‌ای از آنها در بالا ذکر شد، هیچ‌گونه آثاری از کانی‌سازی فلزی در این محل مشاهده نگردید.

در شمال باختر محل فوق‌الذکر در محلی به مختصات  $3934799\text{ N}$  و  $330830\text{ E}$  در محل تماس توده نفوذی با توف‌های الیگو - میوسن یک رگه سیلیسی - هماتیته به طول ۲۰ متر و ضخامت ۵ متر دیده می‌شود. این رگه شدیداً تحت تاثیر دگرسانی هماتیته قرار گرفته و همچنین رگه - رگچه‌های هماتیته به صورت استوک ورک در آن دیده می‌شود. نمونه 87-A1m از این رگه برداشت و آنالیز گردید (جدول پیوست). همانطوریکه نتایج آنالیز نمونه مذکور نشان می‌دهد میزان طلا برابر با ۲ میلی‌گرم در تن، میزان روی برابر با ۲۰۸ گرم در تن و سرب ۸۵ گرم در تن می‌باشد. در این نمونه میزان زیرکن نیز ۲۲۲ گرم در

تن است که نسبتاً قابل توجه می‌باشد. میزان Ti نیز برابر با ۰/۳۱ درصد است. تصویر شماره ۲۳ نمایی از این رگه را نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۲۳: نمایی از رگه محل برداشت نمونه شماره 87-A1m (دید به سمت شمال خاور)

#### ۶-۲- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.2:

واحدهای سنگی تشکیل دهنده این محدوده شامل توده نفوذی و اسلیت است. مهمترین نکته قابل توجه در این محدوده، دگرسانی ظریف هماتیته در داخل سطوح شیستوزیته اسلیت است که با دگرسانی سیلیسی و تشکیل رگه - رگچه های کلسیت همراه است. نکته جالب توجه در مورد دگرسانی هماتیته این است که اکسید آهن در متن سنگ بصورت یکسان تاثیر نگذاشته و به صورت رگه - رگچه‌های باریک و همچنین به صورت موازی با سطوح شیستوزیته قرار گرفته است.

در فاصله نه‌چندان زیاد از این محل در نقطه‌ای به مختصات  $3936200\text{ N}$  و  $331000\text{ E}$  دگرسانی هماتیته، لیمونیتی و آرژیلی با شدت و وسعت بیشتری به چشم می‌خورد. همراه با دگرسانی‌های آهن دار، سیلیسی شدن نیز رخ داده است. این رخداد به صورت پهنه‌ای به طول قابل مشاهده ۲۰۰ متر و عرض حدوده ۵ متر

با امتداد شمال باختر به جنوب خاور می‌باشد. تصویر شماره ۲۴ نمایی از این محل را نشان می‌دهد که نمونه 87-A2m از آن برداشت و آنالیز گردید. که میزان کمتر از ۱ میلی‌گرم در تن طلا و ۱۰۰ گرم در تن روی را نشان می‌دهد. بقیه عناصر در این نمونه کمتر از حد ناهنجاری است.



تصویر شماره ۲۴: نمایی از رگه محل  
برداشت نمونه شماره 87-A2m (دید  
به سمت شمال)

در مسیر آبراهه اصلی در محلی به مختصات  $3935610\text{ N}$  و  $330804\text{ E}$  رگه‌های محدود و کوچک سیلیسی همراه با رگچه‌هایی در اطراف آن دیده می‌شود که هماتیته شدن و گاه برشی شدن تنها پدیده‌های قابل مشاهده در آن می‌باشد. تصویر شماره ۲۵ نمایی از این محل را نشان می‌دهد که نمونه 87-A3m از آن برداشت و آنالیز گردید، که میزان ۲ میلی‌گرم در تن طلا را نشان می‌دهد، بقیه عناصر نیز اندک است. میزان Ti نیز در این نمونه ۰/۵۷ درصد است.



تصویر شماره ۲۵: نمایی از محل برداشت نمونه 87-A3m

### ۶-۳- محدوده بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.5:

در محلی به مختصات  $331646 E$  و  $3935898 N$  در مجاورت توده نفوذی با اسلیت، پهنه‌ای به ضخامت ۱۰ تا ۴۰ متر به طول تقریبی ۱۸۰ متر وجود دارد. این پهنه نتیجه عملکرد توده در داخل اسلیت بوده که بطور عمده با سیلیسی شدن و هماتیته شدن همراه بوده است. در این پهنه رگه‌های متعدد سیلیسی با ضخامتهای متفاوت دیده می‌شود که حداکثر آنها ۵ متر ضخامت دارد. علاوه بر این رگه‌ها، متن اسلیت نیز تحت تاثیر سیلیسی شدن و دگرسانی هماتیته قرار گرفته است. هماتیت در این بخش به صورت رگه - رگچه‌ای ظریف استوک ورکی و همچنین به صورت لایه‌های ظریف در بین سطوح شیبستوزیته واحدهای دگرگونه دیده می‌شود. تصویر شماره ۲۶ نمایی از این پهنه را نشان می‌دهد. از رگه‌های سیلیسی نمونه‌های 87A4m، 87A6m و از واحد اسلیتی سیلیسی شده و آهن دار نمونه 87A5m برداشت و آنالیز شد، که در نمونه شماره 87A4m میزان روی برابر با ۱۹۸ گرم در تن و در نمونه شماره 87A5m میزان Ti برابر با ۰/۴۸ درصد، در نمونه شماره 87A6m میزان روی برابر با ۱۹۴ گرم در تن و در هر سه نمونه میزان طلا ۲ تا ۳ میلی‌گرم در تن است. میزان خاک‌های نادر در نمونه شماره 87A4m نسبتا بالا و دارای میزان ۲۶۶ گرم در

تن لانتانیوم، ۲۲۴ گرم در تن نیویوم و ۵۰۶ گرم در تن سریوم می‌باشد. میزان زیرکن در هر سه نمونه نسبتاً بالا و برابر با ۳۸۷، ۱۲۰ و ۲۳۲ گرم در تن است (جدول شماره ۲).

جدول شماره ۲: نتیجه آنالیز نمونه‌های 87A4M، 87A5M و 87A6M

Elements	Au ppb	La ppm	Nb ppm	Ce ppm	Zr ppm
87A4M	2	266	224	506	387
87A5M	3	23	11.5	47.6	120
87A6M	2	35	143	57.6	232



تصویر شماره ۲۶: نمایی از محل برداشت نمونه 87-A5m (دید به سمت شمال باختر)

#### ۶-۴- بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.7:

واحدهای سنگی این محدوده شامل توده گابرویی، اسلیت، توف و آهک است. در محلی به مختصات ۳۹۳۴۴۰۲N و ۳۳۲۴۲۶ E در محل تماس توده با اسلیت، رگه - رگچه‌های سیلیسی در ابعاد مختلف با ضخامت چند میلیمتر تا حداکثر ۴۰ سانتی‌متر با حداکثر طول ۲۰ متر تشکیل شده است. این رگه‌ها در برخی نقاط توسط آبرفت پوشیده شده است. در برخی نقاط در داخل رگه‌های سیلیسی، رگچه‌های اکسید آهن به وفور دیده می‌شود. روند این رگه‌ها متغیر بوده و از N90 تا N130 تغییر می‌کند. نمونه 87-A10 از این رگه‌های سیلیسی برداشت و آنالیز شد که میزان ۱ میلی‌گرم در تن طلا نشان می‌دهد، بقیه عناصر در آن نیز بسیار اندک است.

از اسلیت‌های آهن دار نیز در محلی به مختصات N ۳۹۳۴۴۷۰ و E ۳۳۲۶۰۶ نمونه 87-A11m برداشت و آنالیز شد، که میزان کمتر از یک میلی‌گرم در تن طلا نشان می‌دهد. بقیه عناصر نیز در این نمونه بسیار اندک است. از توده گابرویی قطع کننده واحد اسلیتی فوق دو نمونه به شماره‌های 87.A.7Pa و 87.A.7Pb برای انجام مطالعات مقطع نازک برداشت شده بود که در نمونه‌های فوق میزان نسبتاً قابل توجه تیتان مشاهده شده، به همین دلیل این دو نمونه برای اندازه‌گیری میزان عنصر تیتان مجدداً به آزمایشگاه ارسال شدند که نمونه شماره 87.A.7Pa میزان ۰/۶۶ درصد Ti و نمونه شماره 87.A.7Pb میزان ۳/۳۸ درصد Ti را نشان می‌دهد. وجود ۳/۳۸ درصد Ti برابر با ۵/۶ درصد  $TiO_2$  خواهد بود که نشان‌دهنده تمرکز بالای تیتان در حد اقتصادی در توده گابرویی است.

#### ۶-۵- بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.8:

واحدهای سنگی این محدوده شامل توده نفوذی، اسلیت و توف است. در محلی به مختصات ۳۹۳۴۶۹۰ و ۳۳۳۰۹۷ واحدهای اسلیتی تحت تاثیر دگرسانی هماتی و سیلیسی قرار گرفته است. گسترش دگرسانی‌های مذکور در این محل بسیار محدود بوده و دارای روند N90 می‌باشد. نمونه 87-A12m از این محل برداشت و آنالیز شد، که میزان ۲ میلی‌گرم در تن طلا، ۰/۲۶ درصد Ti، ۴۱۱ گرم در تن لانتانیم، ۲۹۸ گرم در تن نیوبیوم و ۷۵۲ گرم در تن سریوم را نشان می‌دهد، میزان آنالیز زیرکن نیز در این نمونه ۳۷۵ گرم در تن است.

در محلی به مختصات ۳۹۳۴۸۵۲ و ۳۳۳۰۵۲ در مجاورت اسلیت با توده نفوذی رخدادی که مشابه آن در سایر نقاط دیده شده است وجود دارد یعنی دگرسانی هماتی و سیلیسی که در مجاورت توده و به صورت پهنه‌ای به طول ۱۰۰ متر و عرض ۳۰ متر رخنمون دارد. این پهنه روند N80 و شیب حدود 80SE دارد. از این محل نمونه 87-A13m برداشت و آنالیز شد. که میزان ۲ میلی‌گرم در تن طلا، ۲۹۶۰ گرم در تن روی، ۲۵۱ گرم در تن سرب، ۱۴۹ گرم در تن زیرکن، ۱۹۰ گرم در تن لانتانیم، ۱۶۷ گرم در تن نیوبیوم و ۳۶۵ گرم در تن سریوم را نشان می‌دهد. تصویر شماره ۲۷ نمایی از این پهنه را نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۲۷: نمایی از محل برداشت نمونه 87-A13m (دید به سمت شمال خاور)

در نزدیکی نمونه فوق (در خاور آبراهه) در مختصات  $3934864\text{ N}$  و  $333091\text{ E}$  مشابه سایر نقاط از واحدهای اسلیتی که تحت تاثیر دگرسانی هماتیته قرار گرفته نمونه 87-A14m برداشت و آنالیز شد، که میزان ۸ میلی‌گرم در تن طلا، ۳۳۸ گرم در تن روی و ۱۹۲ گرم در تن زیرکن را نشان می‌دهد. در واقع این محل ادامه نمونه ۱۳ می‌باشد و دگرسانی‌ها و روند تغییرات زمین‌شناسی و دگرسانی‌ها به طرف خاور - شمال خاور به سمت ارتفاعات ادامه می‌یابد.

#### ۶-۶- بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.10:

واحدهای سنگی موجود در این حوضه شامل اسلیت و توده نفوذی بازیگ است. در این محل نیز در مختصات  $3934385\text{ N}$  و  $334372\text{ E}$  واحدهای اسلیتی تحت تاثیر دگرسانی هماتیته و سیلیسی قرار گرفته است. ابعاد پهنه شدیداً دگرسان شده، شامل ۱۰۰ متر طول و ۲۰ متر عرض است که نمونه 87-A15m از این محل برداشت و آنالیز شد، که میزان ۱ میلی‌گرم در تن طلا، میزان ۶۶۶ گرم در تن روی، میزان ۲۱۵ گرم در تن زیرکن و میزان ۱۱۰ تا ۲۷۸ گرم در تن خاک‌های نادر (لانتانیم، سریوم و نیوبوم) نشان می‌دهد. تصویر شماره ۲۸ نمایی از این پهنه را نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۲۸: نمایی از محل برداشت نمونه 87-A15m (دید به سمت جنوب باختر)

### ۶-۷- بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.13:

سنگهای واقع در این حوضه شامل اسلیت و توده نفوذی بازیگ است. در این حوضه نیز به مانند سایر نقاط در اثر عملکرد توده های نفوذی، سیلیسی شدن و هماتیته شدن واحدهای سنگی را تحت تاثیر قرار داده است. این پدیده در بخشهای شمال باختری حوضه مذکور از شدت بیشتری برخوردار می باشد. در موقعیت N ۳۹۳۴۸۵۰ و E ۳۳۵۹۰۰ نمونه 87-A16m برداشت و آنالیز گردید. تصویر شماره ۲۹ نمایی از این محل را نشان می دهد.



تصویر شماره ۲۹: نمایی از محل برداشت

نمونه 87-A16m (دید به سمت جنوب

خاور)

## ۶-۸- بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.17:

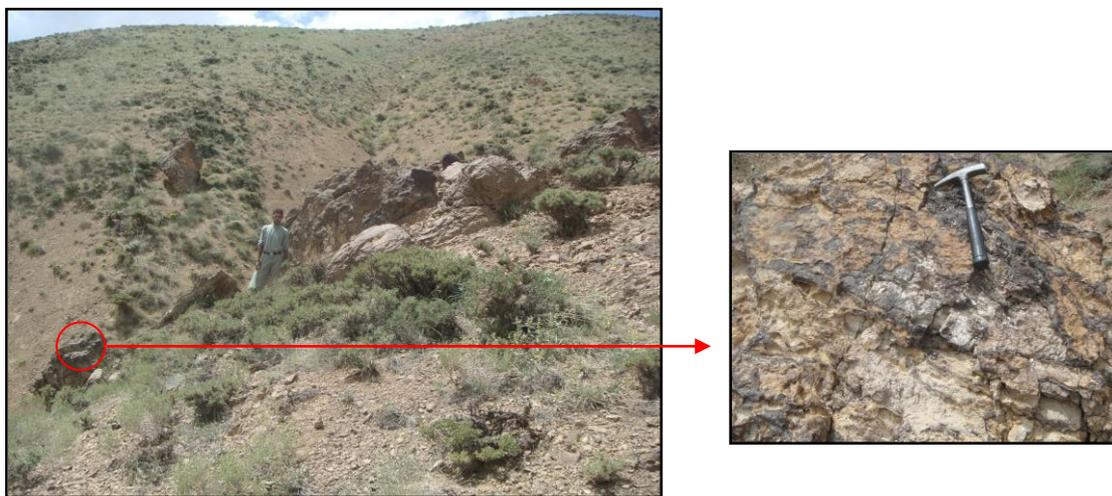
واحدهای سنگی این محدوده شامل توده نفوذی و اسلیت است. در این حوضه در محلی به مختصات  $3934998N$  و  $337645E$  در داخل واحدهای اسلیتی یک رگه باریت به ضخامت ۲۰ سانتی متر و طول قابل رویت ۲ متر دیده می‌شود. روند این رگه  $N220$  و شیب آن نزدیک به قائم است. باریت در این رگه از خلوص خوبی برخوردار می‌باشد. تصویر شماره ۳۰ نمایی از این محل را نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۳۰: نمایی از رگه  
باریت در حوالی نمونه شماره 17H  
الف) نمای کلی رگه ب) مقیاس  
نمونه دستی

در محلی به مختصات  $3935018N$  و  $337798E$  در نزدیکی توده نفوذی، دگرسانی هماتیته به صورت رگه - رگچه و موازی با سطوح شیستوزیته واحدهای دگرگونی را تحت تاثیر قرار داده است. جهت بررسی پتانسیل معدنی این پدیده نمونه 87-A17m از آن برداشت و آنالیز گردید که میزان ۳ میلی گرم در تن طلا و ۰/۳۵ درصد Ti نشان می‌دهد.

در مختصات N ۳۹۳۵۲۰۰ و E ۳۳۷۷۰۰ توده نفوذی بازیک تحت تاثیر یک توده اسیدی تر از خود قرار گرفته است که باعث دگرسانی شدید آرژیلی، هماتی و سیلیسی آن شده است. رگه - رگچه‌های متعدد سیلیسی - هماتی در متن دگرسانی آرژیلی به صورت استوک ورک پراکنده است و به‌وفور مشاهده می‌شود. دگرسانی مذکور بالغ بر ۲۵۰ متر طول و ۲۰ متر عرض دارد و روند عمومی N90 را نشان می‌دهد. در نزدیکی محل تماس، رگه - رگچه‌های متعدد باریت به صورت نامنظم همراه با رگه - رگچه‌های کلسیتی دیده می‌شود. از بخشهای سیلیسی - هماتی استوک ورکی نمونه 87-A18m برداشت و آنالیز شد که میزان ۲ میلی‌گرم در تن طلا، ۱/۲۷ درصد Ti و ۱۷۰ گرم در تن روی نشان می‌دهد. میزان زیرکن در این نمونه ۱۹۲ گرم در تن است. تصویر شماره ۳۱ نمایی از این محل را نشان می‌دهد. همچنین از توده دیوریتی فوق یک نمونه به شماره 87.A.17Pb برای اندازه‌گیری میزان Ti برداشت و آنالیز شد که میزان ۰/۶۱ درصد Ti را نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۳۱: نمایی از محل برداشت نمونه 87-A18m (دید به سمت شمال)

**۶-۹- بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.20 :**

سنگ بالا دست این نمونه شامل اسلیت و توده نفوذی بازیک است، دگرسانی آرژیلی، سیلیسی و هماتیتی بالا دست این نمونه را تحت تاثیر قرار داده است. این نکته بخصوص از بررسی قطعات کف آبراهه مشهود است. از یکی از این قطعات شدیداً دگرسان شده آهن دار و متخلخل در موقعیت  $336864\text{ N}$  و  $3936258\text{ E}$  نمونه 78A19m برداشت گردید تا در صورت مثبت بودن نتایج آنالیز نسبت به اکتشافات بعدی و پیدا کردن محل دقیق آن اقدام گردد. نتایج آنالیز مذکور میزان ۵ میلی‌گرم در تن طلا، ۲۰۱۰ گرم در تن روی و ۱/۷ درصد Ti نشان می‌دهد، میزان زیرکن در این نمونه نیز ۱۱۵ گرم در تن است.

**۶-۱۰- بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.23 :**

سنگ بالادست این حوضه اسلیت، توف، واحدهای ولکانیکی میانه - بازیک و توده نفوذی بازیک است. از واحدهای بازیک در این حوضه که حاوی مقادیر قابل توجهی ایلمنیت است یک نمونه به شماره 87.A.23.Pa در موقعیت  $332509\text{ N}$  و  $3938278\text{ E}$  برای آنالیز و اندازه‌گیری تیتان برداشت و آنالیز شد که میزان تیتان موجود در آن ۹۴۵۸ گرم در تن است.

**۶-۱۱- بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.24 :**

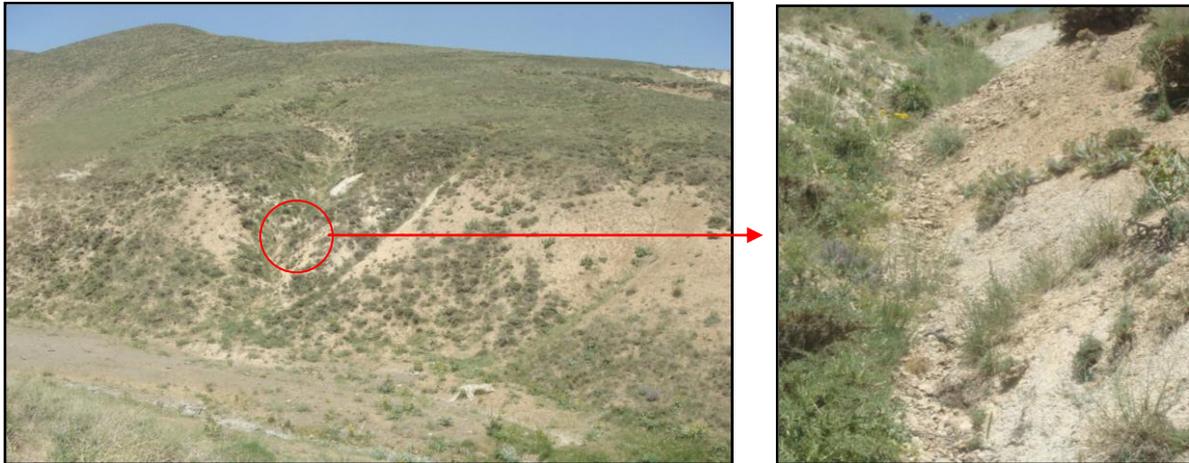
در محلی به مختصات  $3937058\text{ N}$  و  $332869\text{ E}$  واحدهای اسلیتی با امتداد N180 و شیب 55W مانند سایر نقاط تحت تاثیر دگرسانی شدید آهن قرار گرفته که نمونه 87A20m جهت آنالیز از آن برداشت گردید. تصویر شماره ۳۲ نمایی از این محل را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز این نمونه میزان ۲ میلی‌گرم در تن طلا، ۱۷۴ گرم در تن روی و ۰/۴۲ درصد Ti نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۳۲: نمایی از محل برداشت  
نمونه 87-A20m

#### ۶-۱۲- بالا دست نمونه کانی سنگین 87.A.28:

واحدهای سنگی بالادست آن شامل توف، اسلیت و توده های بازیک است. در محلی به مختصات  $3936086\text{ N}$  و  $334132\text{ E}$  واحدهای توفی شدیداً تحت تاثیر دگرسانی های آرژیلی، هماتیته و سیلیسی قرار گرفته است. این بخش دگرسان تنها در محل مختصات یاد شده در محل برش آبراهه دارای رخنمون قابل بررسی می باشد. در این محل استوک ورکهای سیلیسی - آهنی در یک متن دگرسان شده آرژیلی دیده می شود نمونه 87-A21m از این محل برداشت و آنالیز شد. در صورت مثبت بودن نتیجه آنالیز این نمونه دگرسانی های این منطقه قابلیت بررسی بیشتر را دارد. تصویر شماره ۳۳ نمایی از این محل را نشان می دهد. نتایج آنالیز این نمونه میزان ۱ میلی گرم در تن طلا، ۳۸۰ گرم در تن روی، ۱/۵۴ درصد Ti و ۲۶۲ گرم در تن مس و ۱۲۳ گرم در تن زیرکن نشان می دهد.



تصویر شماره ۳۳: نمایی از محل برداشت نمونه 87-A21m (دید به سمت خاور)

همچنین در نزدیکی محل فوق‌الذکر در مختصات  $3935105\text{ N}$  و  $334222\text{ E}$  دگرسانی‌های آرژیلی، سیلیسی و هماتیتی به صورت پهنه‌ای به طول ۱۰۰ متر و عرض تا ۳۰ متر دیده می‌شود. در داخل این پهنه علاوه بر دگرسانی‌های فوق‌رگه - رگچه‌ای استوک ورکی سیلیسی - هماتیتی در یک متن دگرسان شده به چشم می‌خورد. نمونه 87-A22m از این محل برداشت و آنالیز گردید، که میزان ۱ میلی‌گرم در تن طلا، ۳۰۲ گرم در تن روی و ۱/۳۴ درصد Ti را نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۳۴: نمایی از محل برداشت نمونه 87-A22m (دید به سمت شمال خاوری)

### ۶-۱۳- بالا دست نمونه‌های کانی سنگین 87.A.11 و 87.A.12:

در بالای دست نمونه‌های کانی سنگین ۱۱ و ۱۲ در محلی به مختصات  $3934757\text{ N}$  و  $334880\text{ E}$  از یک زون دگرسانی سیلیسی و هماتیتهی به طول حدود ۳۰۰ متر و عرض ۴۰ متر نمونه مینرالیزه 87-Am23 برداشت و آنالیز شد که میزان ۵ میلی‌گرم در تن طلا، ۲۱۸ گرم در تن روی، ۳۲۵ گرم در تن زیرکن، ۲۳۲ گرم در تن لانتانیم، ۲۰۶ گرم در تن نیوبیوم و ۴۵۲ گرم در تن سریوم را نشان می‌دهد. این محدوده هم از نظر گسترش و هم از نظر میزان زیرکن و خاک‌های نادر قابل بررسی‌های بیشتر اکتشافی است.

همچنین در بالای دست نمونه کانی سنگین ۲۳ از واحد ولکانیک  $OM^q$  در موقعیت  $3938278$  و  $332509$  یک نمونه برای اندازه‌گیری میزان Ti برداشت و آنالیز شد که میزان ۰/۹۴ درصد Ti را نشان می‌دهد.

جدول‌های پیوست نتایج آنالیز ICP تعداد ۲۲ نمونه برداشت شده از مناطق فوق را برای ۴۵ عنصر منجمه طلا را به همراه ۴ نمونه برداشت شده برای تعیین میزان Ti نشان می‌دهد.

## ۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور کلی با بررسی‌های انجام گرفته در محدوده جنوب آوج می‌توان نتیجه گرفت که این محدوده شامل ترادف ضخیمی از سنگ‌های آواری شیل، سیلتستون و ماسه‌سنگ ژوراسیک زیرین (معادل سازند شمشک در البرز) است که دگرگونی ناحیه‌ای ضعیفی در حد اسلیتی و فیلیتی شدن را تحمل نموده و به‌طور ناهم‌ساز توسط نهشته‌های آواری - آتشفشانی ائوسن و اولیگو - میوسن پوشیده شده و توسط توده‌های نفوذی کم عمق میکرودیوریتی و میکروگابرویی با زمان احتمالی میوسن قطع شده است. دگرسانی آرژیلی شدن، سیلیسی شدن و هماتیسی شدن در ارتباط با فازهای گرمایی این توده‌های کم عمق در سنگ‌های ژوراسیک و خود توده‌های مذکور نیز ایجاد شده که پهنه‌هایی به طول ۵۰ تا ۲۰۰ متر و عرض ۱۰ تا ۴۰ متر در امتداد شکستگی‌های شمال خاور - جنوب باختری و شمال باختر - جنوب خاوری را تشکیل می‌دهد. مطالعات پتانسیلیابی انجام شده توسط شرکت کاوش کانسار (۱۳۸۵) پهنه‌های آنومالی ژئوشیمیایی طلا (A10) و کادمیوم، کبالت، تنگستن، روی، سرب، مس و مولیبدن (A7, A6, A2) را در محدوده مورد بررسی نشان می‌دهد. از آنجا که در بررسی‌های زمین‌شناسی هیچگونه آثاری از کانی‌سازی در محدوده مشاهده نگردید، با موافقت کارفرما تعداد ۴۰ نمونه کانی‌سنگین از نهشته‌های آبراه‌ای و تعداد ۲۶ نمونه از رخنمون‌های سنگی در زون‌های دگرسانی و رگه‌های سیلیسی برداشت و مورد مطالعات میکروسکوپی و آنالیز شیمیایی قرار گرفت که نتایج آن به‌صورت زیر است:

در مطالعات کانی‌سنگین مجموعه کانی‌های مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیریت اکسیده، لیمونیت، لوکوکسن، اسفن، زیرکن، گالن، اسفالریت و سروزیت در نمونه‌های برداشت شده شناسایی گردید که میزان گالن و اسفالریت عمدتاً در حد 0.01ppm pts است، همچنین در نمونه‌های شماره ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۲ و ۱۵ مقدار کانی‌های سرب‌دار و ایلمنیت قابل توجه می‌باشد. میزان اسفن، زیرکن، لوکوکسن و روتیل در حد گرم در تن و ایلمنیت ۰/۱ تا ۱/۵ درصد است. به‌طور کلی در نمونه‌برداری کانی‌سنگین، کانی عمده تیتان، ایلمنیت است و سایر کانی‌های تیتان بسیار اندک می‌باشد. رخنمون‌های سنگی بالادست نمونه‌های

کانی سنگین نیز مورد بررسی قرار گرفت و تعداد ۲۲ نمونه از مناطق دگرسان آرژیلی و سیلیسی آهن‌دار برای تعیین میزان طلا و عناصر پاراژنز و تعداد ۴ نمونه از توده‌های گابرویی برای تعیین میزان تیتانیوم برداشت و آنالیز گردید که نتایج آن به صورت زیر است:

از میان نمونه‌های برداشت شده، نمونه‌های شماره 87.A.7.Pa ، 87.A.7.Pb ، 87.A.17.Pb و 87.A.23.Pa از توده‌های دیوریت و گابرویی که در مطالعات میکروسکوپی میزان قابل توجهی ایلمنیت، لوکوکسن و تیتانیت نشان داده بود، برای تعیین میزان Ti آنالیز گردید که در نمونه 87.A.7.Pb میزان تیتانیوم بسیار قابل توجه و برابر با ۳/۳۸ درصد می‌باشد (میزان  $TiO_2$  حدود ۵/۶ درصد خواهد بود) درحالی‌که میزان تیتانیوم در ۳ نمونه دیگر نیز نسبتاً بالا و بین ۰/۶ تا ۰/۹ درصد می‌باشد.

تعداد ۲۲ نمونه برداشت شده از رخنمون‌های سنگی نیز برای تعیین میزان طلا به همراه ۴۴ عنصر (به روش ICP MS) مورد آنالیز قرار گرفت که خلاصه نتایج آن به صورت زیر است:

میزان طلا در بیشتر نمونه‌ها بین ۱ تا ۲ میلی‌گرم در تن و فقط در نمونه شماره 87.A.14.M برابر با ۸ میلی‌گرم در تن و نمونه‌های 87.A.19.M و 87.A.23.M برابر با ۵ میلی‌گرم در تن است که از پهنه‌های دگرسانی و رگه‌های سیلیسی آهن‌دار در داخل سنگ‌های ژوراسیک برداشت شده است.

میزان روی نیز در بیشتر نمونه‌ها بالا و بین ۱۰۰ تا ۲۹۶۰ گرم در تن و در چهار نمونه 87.A.8.M ، 87.A.13.M ، 87.A.12.M و 87.A.11.M بین ۱۰۱۰ تا ۲۹۶۰ گرم در تن است. نمونه‌های با روی بیشتر از ۱۰۰۰ گرم در تن در رگه‌های سیلیسی آهن‌دار در زون‌های دگرسانی واقع در نهشته‌های ژوراسیک می‌باشند. میزان Ti نیز در بیشتر نمونه‌ها بالا و بین ۰/۱۱ تا ۱/۷ درصد و بیشترین میزان آن بین ۱/۲۷ تا ۱/۷ درصد در نمونه‌های 87.A.18.M ، 87.A.19.M ، 87.A.21.M و 87.A.22.M می‌باشد. جالب اینکه از میان نمونه‌های با تیتانیوم بالا فقط نمونه 87.A.18.M از بخش دگرسان شده توده دیوریتی برداشت شده، درحالی‌که نمونه دیگر مربوط به رگه‌های سیلیسی آهن‌دار یک بخش دگرسان شده آرژیلی و هماتیتهی در نهشته‌های ژوراسیک

می‌باشد. میزان زیرکن نیز در اغلب نمونه‌ها بالا و بین ۴۰ تا ۳۸۷ گرم در تن و بیشترین مقدار آن در نمونه‌های 87.A.4.M به میزان ۳۸۷ گرم در تن، نمونه 87.A.12.M به میزان ۳۷۵ گرم در تن و نمونه 87.A.23.M به میزان ۳۲۵ گرم در تن است که بر روی پهنه‌های دگرسانی در اسلیت‌های ژوراسیک و رگه‌های سیلیسی آهن‌دار واقع در این پهنه‌ها قرار می‌گیرد. در این نمونه‌ها میزان خاک‌های نادر (سریوم، لانتانیم و نیوبیم) نیز نسبتاً بالا و در مجموع برابر با ۱۰۰۰، ۱۱۵۰ و ۹۰۰ گرم در تن می‌باشد. به‌طور کلی میزان خاک‌های نادر با میزان زیرکن نسبت مستقیم داشته و در نمونه‌های با زیرکن بالا میزان عناصر کمیاب نیز افزایش می‌یابد.

به‌طور کلی با توجه به موارد فوق می‌توان نتیجه گرفت که در محدوده مورد بررسی کانی‌سازی روی، تیتانیوم، زیرکونیوم و خاک‌های نادر تمرکز نسبتاً بالا داشته که تمرکز تیتانیوم عمدتاً در توده‌های دیوریت - گابرویی و زون‌های دگرسانی منطبق بر این توده‌ها و تمرکز روی، زیرکونیوم و خاک‌های نادر در پهنه‌های دگرسانی رگه‌های سیلیسی واقع در نهشته‌های ژوراسیک می‌باشد. غنی‌شدگی روی، زیرکونیوم و خاک‌های نادر با هم نسبت مستقیم داشته و به‌ویژه زیرکونیوم و خاک‌های نادر تمرکز قابل توجهی را در سه محدوده جنوب کوه پروان داغ، چپقلودره و شمال باختری درویش دره نشان می‌دهد. تمرکز تیتان نیز در توده‌های دیوریت - گابرویی باختر چپقلودره، جنوب تپه قزلرداغ و شمال کوه ایلانیه نیز قابل توجه است، اگرچه سایر توده‌های دیوریت - گابرویی در محدوده مورد بررسی نیز از نظر وجود تیتان قابل ملاحظه می‌باشد. لذا ۳ محدوده زیر به‌ترتیب اولویت:

۱- محدوده A به‌گسترش ۶/۵ کیلومتر مربع برای تیتان، زیرکن و خاک‌های نادر به‌صورت یک چهار

ضلعی ABCD به‌مختصات زیر (جدول شماره ۳):

جدول شماره ۳: موقعیت چهارگوش پیشنهادی محدوده A (اولویت اول)

محدوده A	X	Y
A	331283	3935441
B	335333	3935441
C	335333	3933846
D	331283	3933846

۲- محدوده B به گسترش ۴ کیلومتر مربع برای تیتان به صورت یک چهارضلعی EFGH به مختصات زیر (جدول شماره ۴):

جدول شماره ۴: موقعیت چهارگوش پیشنهادی محدوده B (اولویت دوم)

محدوده B	X	Y
E	335483	3936301
F	338327	3936301
G	338327	3934874
H	335483	3934874

۳- محدوده C به گسترش ۳/۵ کیلومتر مربع برای تیتان به صورت یک هشت ضلعی و به مختصات زیر (جدول شماره ۵):

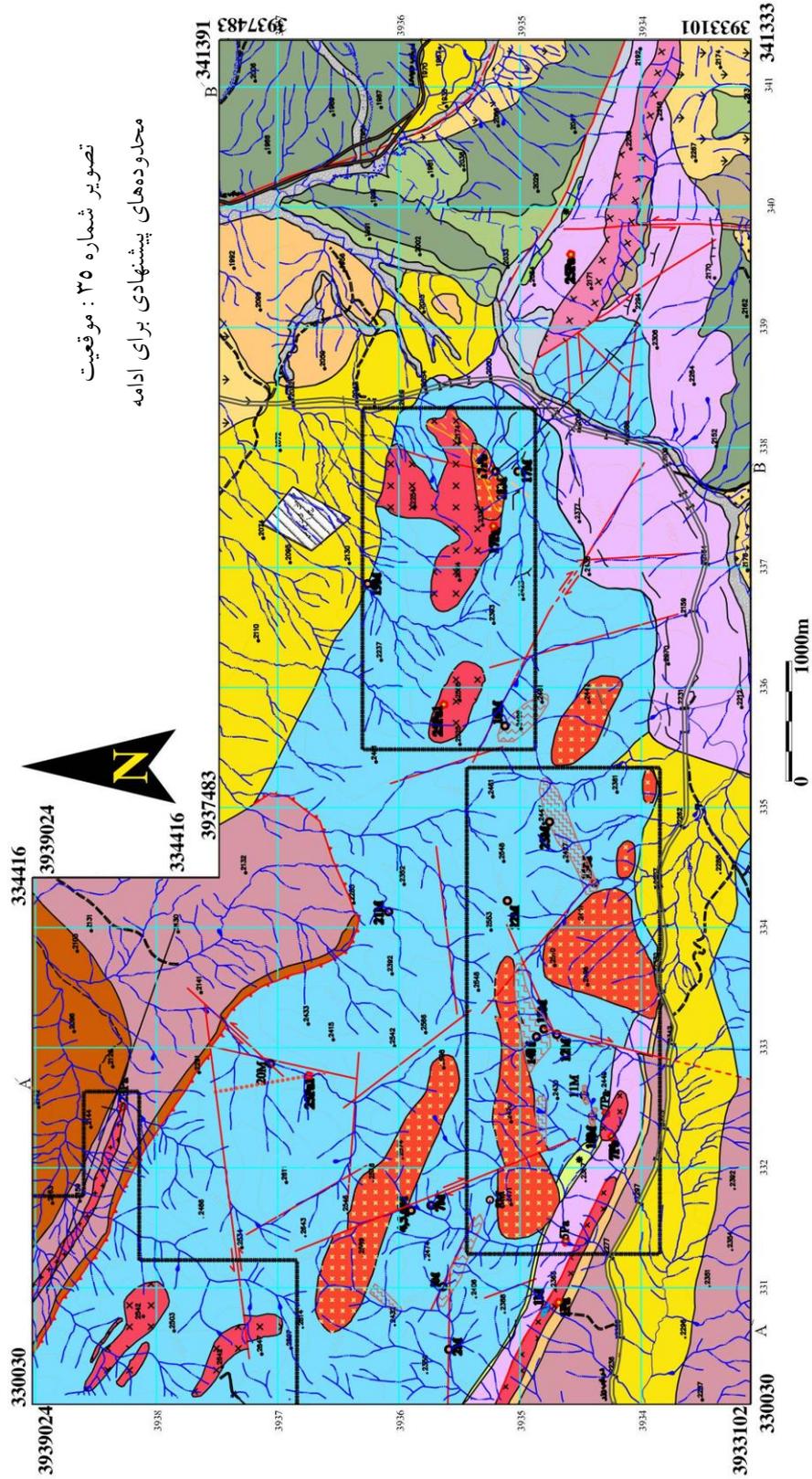


تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی اقتصادی ۱:۲۵۰۰۰ محدوده آوج



جدول شماره ۵ : موقعیت چهارگوش پیشنهادی محدوده C (اولویت سوم)

محدوده C	X	Y
I	330030	3939024
J	331765	3939024
K	331765	3938599
L	332634	3938599
M	332634	3938144
N	331231	3938144
O	331231	3936841
P	330030	3936841



برای ادامه عملیات اکتشافی در مرحله عمومی پیشنهاد می‌شود:

- ۱- تهیه نقشه زمین‌شناسی - توپوگرافی ۱:۵۰۰۰ در محدوده A (۶ کیلومتر مربع)، محدوده B (۳/۵ کیلومتر مربع) و محدوده C (۳/۵ کیلومتر مربع).
- ۲- حفر ترانشه‌های عرضی عمود بر گسترش طولی زون‌های دگرسانی و کانی‌سازی در محدوده A (۳۰۰ متر مکعب)، در محدوده B (۱۵۰ متر مکعب) و در محدوده C (۱۰۰ متر مکعب).
- ۳- نمونه‌گیری و برداشت زمین‌شناسی ترانشه‌ها.
- ۴- آنالیز نمونه‌های برداشت شده از ترانشه‌ها و رخنمون‌های کانه‌دار برای تعیین میزان Zr ، P ، Ti و خاک‌های نادر (Ce و La ، Nb) به میزان ۱۰۰ نمونه در محدوده A و ۵۰ نمونه در محدوده B و ۴۰ نمونه در محدوده C.
- ۵- مطالعات پتروگرافی، مقطع صیقلی و XRD به میزان ۳۰ نمونه در محدوده A ، ۲۰ نمونه در محدوده B و ۱۵ نمونه در محدوده C.
- ۶- انجام مطالعات فرآوری بر روی یک نمونه نماینده برای تیتان در محدوده‌های A ، B و C و برای زیرکن و خاک‌های نادر در محدوده A.
- ۷- تعبیر و تفسیر نتایج و ارائه گزارش پایانی مرحله عمومی در هریک از محدوده‌های فوق.

## منابع :

### الف - فارسی:

- ۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ کبودر آهنگ - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ۲- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آوج - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ۳- گزارش اکتشاف و پتانسیل یابی مواد معدنی در جنوب باختر استان قزوین - منطقه آوج - شرکت مهندسی مشاور خاک خوب (۱۳۸۵)
- ۴- پروژه پتانسیل یابی مواد معدنی در قالب اکتشاف معادن شهرستان بویین زهرا - مهندسی مشاور کاوش کانسار (۱۳۸۵)
- ۵- پروژه پیجویی ذخایر تمامورفیک‌های ایران؛ گزارش مطالعات پیجویی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ آوج؛ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۷۲)
- ۶- اکتشاف ذخایر طلا - علی اصغر حسنی پاک (۱۳۷۸)
- ۷- زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی - محمد حسن کریم‌پور (۱۳۶۸)
- ۸- زمین‌شناسی اقتصادی - جمشید شهاب‌پور (۱۳۶۴)
- ۹- مبانی زمین‌شناسی اقتصادی - عبدالمجید یعقوب‌پور (۱۳۶۶)
- ۱۰- مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی ایران - محمد نبوی
- ۱۱- زمین‌شناسی ایران - سید علی آقانباتی
- ۱۲- قربانی، م؛ دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ۱۳- بررسی مقدماتی پتانسیل‌های مس و طلا در زون‌های اکتشافی شمال - شمال باختری ایران
- ۱۴- حسنی پاک، ۱۳۷۸ نمونه‌برداری معدنی (اکتشاف - استخراج - فرآوری) انتشارات دانشگاه تهران



ب- لاتین:

- 1-Cox, D.P. and Singer, D.A.(1988);Distribution of Gold in porphyry copper deposits.
- 2-Hedenquist J.W.,etal (1996);Epithermal Gold deposits
- 3-Sillitoe ,R.H.,Baker,E.M.,Brook,W.A.(1984);Gold deposits ,and hydrothermal eruption.
- 4-Crosk TE, 1995 An epithermal gold – silver deposite in pointide island arc north east Turkey



تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی اقتصادی ۱:۲۵۰۰۰: محدوده آوج



# پیوست‌ها